ENDEAVOUR

Revista trimestral destinada a registrar el progreso de las ciencias al servicio de la humanidad

---

VOLUMEN XI Julio 1952 NUMERO 43

SUMARIO

Editorial: Sobre las Floras 115

522:621.396.946
Radioastronomía — M. RYLE y J. A. RATCLIFFE — 117

92:54
Sir William Ramsay (1852–1916) — M. W. TRAVERS — 126

576.8.097.3:576.858.9
Las bacterias lisógenas (II) — ANDRÉ LWOFF — 132

551.46:597:591.9(267.5)
Recientes investigaciones biológicas en el Mar Rojo — N. B. MARSHALL — 137

535.417
Los filtros de interferencia aplicados a la óptica — K. M. GREENLAND — 143

553.8:549.211:622.37:621.9
El diamante industrial — R. S. YOUNG — 149

547.963.32:576.312.32
El ácido nucleico de los cromosomas — J. A. V. BUTLER — 154

678.77.01
La goma sintética — W. J. S. NAUNTON — 159

049.3
Revista de libros 163

Libros recibidos 167

Notas sobre los colaboradores 168

Redactor-jefe: E. J. HOLMYARD
Redactor auxiliar: TREVOR I. WILLIAMS
Ediciones extranjeras: J. A. WILCKEN

Imperial Chemical Industries Limited, Nobel House, Buckingham Gate, Londres, S.W.1
Toda comunicación a los editores debe dirigirse a 26 Dover Street, Londres, W.1

Sobre las Floras

La reciente publicación de una nueva Flora británica[1] es un acontecimiento de la mayor importancia para el mundo botánico. Esto podrá parecer una exageración; pero una Flora completa y al día es un instrumento esencial para el estudio de las plantas de cualquier región. Esencial, no sólo para los sistematizadores de la botánica, sino también para los ecólogos, geneticistas, horticultores y, en general, para todos los que se interesen, de una u otra forma, en las plantas. Durante años recientes Gran Bretaña — casi la sola excepción entre los países europeos — ha carecido del citado instrumento. La última Flora británica en gran escala fué la *Student's Flora* de Hooker, publicada hace más de 80 años. Esta deficiencia ha dificultado seriamente el trabajo de los botánicos británicos y, teniendo en cuenta que la vegetación de Europa — y en realidad la de todo el mundo — constituye una sola unidad, ha perjudicado también, en diverso grado, a los estudiosos de otros países, quienes recibirán con la natural complacencia la nueva publicación de Cambridge.

En general, los primeros trabajos botánicos intentaban tratar ampliamente de todas las plantas conocidas, y sólo cuando el espíritu del Renacimiento comenzó a fructificar los botánicos descendieron de las nubes de la universalidad para contemplar con ojos modernos las plantas reales que crecían a su alrededor. Este cambio fundamental dió como resultado durante el siglo XVII la aparición de las Floras tales como hoy las conocemos.

Los griegos ofrecen siempre una excepción para todas las reglas. Que nosotros sepamos, no escribieron Floras sistemáticas, pero en los trabajos de Aristóteles y de Teofrasto, en el siglo IV (a.C.), advertimos una actitud ante las plantas y otros seres vivos que no había de reaparecer en la historia hasta dos mil años más tarde. Teofrasto se dirigió a las plantas mismas, más bien que a las autoridades consagradas, para adquirir sus conocimientos botánicos, y formuló una serie de notables observaciones y deducciones, incluyendo la distinción entre monocotiledóneas y dicotiledóneas, que se usa todavía para clasificar las angiospermas. Pero la antorcha encendida por los antiguos griegos pronto se extinguió, y en los albores de la Era Cristiana vemos a Dioscórides, cirujano del ejército griego, y a Plinio, prefecto de la flota romana, escribiendo obras monumentales y amplísimas sobre las plantas y sus virtudes medicinales, que revelan una gran erudición pero prescinden del método de observación directa seguido por Teofrasto y sus discípulos modernos.

El primer despertar tuvo lugar en Alemania a principios del siglo XVI, con los herbarios de Brunfels, Bock, Fuchs y Cordus: los «Padres de la botánica moderna». Las deliciosas ilustraciones en madera que adornan sus volúmenes están tomadas de la naturaleza, y no copiadas de dibujos antiguos; y muchas de las descripciones del texto se refieren a plantas existentes en los bosques y praderas de la Europa central. Aunque esos libros no eran exactamente Floras en el sentido moderno de la palabra — pues muchos de ellos incluían especies de otras partes del mundo, y su principal interés, como lo indica el nombre «herbario», residía en el aspecto médico, más que en el puramente botánico — su excelencia marcó un nivel que había de influir en todas las futuras publicaciones botánicas, incluyendo las Floras que empezaron a escribirse poco después.

Durante la segunda mitad del siglo XVI aparecieron varios libros que anotaban y describían las plantas observadas a lo largo de un viaje en un país determinado; por ejemplo: los de L'Écluse sobre España (1576) y sobre Austria-Hungría (1583), y el de Alpino sobre Egipto (1592), que pueden ser considerados como los inmediatos precursores de las verdaderas Floras del siguiente siglo. Una de las primeras y más humildes de su clase se publicó en Inglaterra en 1632, y podemos tomarla como punto de partida para trazar la historia de las Floras en Gran Bretaña, que sigue un proceso paralelo al de otros países europeos.

La publicación de 1632 no era siquiera un volumen independiente, sino una mera enumeración, preparada por Thomas Johnson, de las plantas que él observara en Hampstead Heath, cerca de Londres, y apareció modestamente como un apéndice a la obra del mismo autor titulada: *Descriptio Itineris . . . in Agrum Cantianum*; pero ésta fué la primera Flora británica local. Desgraciadamente, la mayor parte de las bibliotecas carecen de esta joya, pues la *Descriptio* de Johnson y otro volumen sobre sus viajes en Kent (el *Iter* de 1629) figuran entre los libros más raros del mundo, conservándose solamente dos ejemplares del *Iter* y

[1] CLAPHAM, A. R., TUTIN, T. G. y WARBURG, E. F. *Flora of the British Isles*. Págs. LI + 1591. Cambridge University Press, Londres. 1952. 50 chelines.

ocho de la *Descriptio*. Johnson fué un hombre original, que supo tender un lazo entre los antiguos cronistas de herbarios medicinales y los modernos escritores de Floras, que estudian las plantas por su valor intrínseco. Ejerció la profesión de farmacéutico en Snow Hill, Londres, y publicó una magnífica edición del *Herbal* de Gerard, dejando al morir, en 1644, en su *Mercurius Botanicus* (1634 y 1641) lo que constituye realmente la primera Flora de conjunto de la Gran Bretaña. El *Mercurius*, aunque fué originalmente un relato de viajes botánicos por Inglaterra y Gales, enumera todas las plantas británicas conocidas hasta entonces por Johnson (unas 700), y fué concebido como un bosquejo para una Flora en gran escala, que, desgraciadamente, no tuvo tiempo de terminar.

Una vez que Johnson hubo señalado el camino, no faltaron seguidores. Después de dos intentos, más bien ligeros, de Floras británicas (*Phytologia*, de How, 1650; y *Pinax*, de Merrett, 1666), viene el primer gran nombre, tal vez el mayor hasta hoy, de la botánica británica: John Ray, del Trinity College, de Cambridge. Sus Floras de Cambridge (1660) y de la Gran Bretaña (1690) son muy superiores a todo lo que se había escrito anteriormente sobre las plantas británicas, y constituyen las dos piedras fundamentales sobre las que se han basado todos los trabajos ulteriores.

Tanto Johnson como Ray describieron plantas situadas en una pequeña zona determinada, así como las del conjunto de la Gran Bretaña, y estos dos tipos de Floras — la local y la general — han seguido apareciendo luego, influyéndose y complementándose mutuamente. Muchas Floras locales han nacido de la pluma de aficionados a la botánica, y la Gran Bretaña, siempre rica en esfuerzos de *amateurs*, ofrece sin duda un historial más espléndido que el de otros países en la producción de estas Floras.

La Flora británica de Ray de 1690 — *Synopsis Methodica Stirpium Britannicarum* — continuó siendo la obra básica para los botánicos británicos durante los 70 años siguientes, hasta que el sistema realmente arrollador de Linneo inundó las Islas Británicas, haciendo indispensable la formación de una nueva Flora linneana. El primer intento serio fué realizado por William Hudson, Prefecto por algún tiempo del Chelsea Physic Garden de Londres, y autor de *Flora Anglica* (1762), que vino a reemplazar la *Synopsis* de Ray como descripción modelo de las plantas británicas. La ascendencia linneana persistió hasta la tercera década del siglo XIX, produciendo una serie de sucesores de la Flora de Hudson, entre los que destaca la *English Botany* de Sir James Smith (1790–1814). Las 2592 planchas en color de James Sowerby dan a los 36 volúmenes de esa obra un valor extraordinario, incluso en nuestros días.

Cuando el método linneano dió paso al llamado sistema natural, aparecieron rápidamente nuevas Floras que reflejaban el cambio, incorporando la masa creciente de nuevos datos para la clasificación y distribución de las plantas británicas. Comenzó entonces un período que acaba de cerrar la nueva Flora de Cambridge: el período de los dos Hookers (padre e hijo), de Bentham y de Babington, cuyas diversas Floras, en distintas formas y ediciones, han sido utilizadas durante los últimos cien años.

Sin embargo, como ya hemos indicado, un tratamiento moderno de las plantas británicas era inaplazable, y podemos afirmar sin vacilación que los autores y editores de la nueva Flora no han defraudado nuestras ardientes esperanzas. Hemos llamado a la nueva obra la Flora de Cambridge, y no dudamos de que este nombre prevalecerá en justicia. Inspirada esta obra por Sir Arthur Tansley, editada por la Cambridge University Press y escrita por el Profesor A. R. Clapham, el Profesor T. G. Tutin y el Dr. E. F. Warburg — tres antiguos alumnos de Mr. Humphrey Gilbert-Carter, a quien está dedicada apropiadamente la Flora y que fué durante 30 años director del Jardín Botánico de Cambridge — la nueva publicación sigue la gran tradición de la botánica práctica de Cambridge, iniciada por Ray en el siglo XVII y mantenida por los Martyns, Babington, C. E. Moss, A. H. Evans, A. J. Wilmott y otros muchos durante los últimos 250 años.

La Cambridge University Press ha puesto el mayor cuidado en la presentación de la Flora. Es un gran triunfo haber ajustado cerca de 1600 páginas en un solo volumen con tipos fácilmente legibles, y los investigadores apreciarán debidamente el que las cubiertas de tela sean resistentes a la humedad.

La nueva Flora es una magnífica contribución a la botánica británica, digna de colocarse al lado de la *Synopsis* de John Ray. No creemos que quepa hacer de ella un elogio más alto.

Radioastronomía

M. RYLE y J. A. RATCLIFFE

Estudio de la radiación electromagnética de radiofrecuencia que llega a la tierra desde el espacio astral. Descripción de la detección de dicha radiación y del procedimiento para distinguirla de los ruidos inherentes al radio-receptor. Determinación de la dirección de incidencia de las ondas mediante dos sistemas de antenas. Los registros de la distribución de radiación así obtenidos indican la existencia en la Galaxia de numerosas radioestrellas o fuentes de radiación que no pueden identificarse con las estrellas visibles. La radiación difusa observada parece emanar de una masa no resuelta de radioestrellas. Consideración de la intensidad de radio-radiación del Sol.

Nuestros conocimientos sobre los astros se derivan casi exclusivamente de la observación de las radiaciones que emiten. La más importante la forman las ondas electromagnéticas, de las que sólo podemos estudiar las que penetran la atmósfera terrestre. La Fig. 1 muestra la aproximada transparencia de la atmósfera con relación a las distintas longiutdes de onda, pudiéndose observar que existen dos «ventanas», una en la región de las longitudes ópticas y otra en la de las ondas cortas de radio. La impenetrabilidad de las ondas de longitud menor en la zona de radiofrecuencia se debe a su absorción por las moléculas de aire, mientras que las ondas más largas quedan detenidas por la ionosfera terrestre, que impide asimismo el paso hacia el espacio estelar de las ondas emitidas por los transmisores terrestres.

DISPOSITIVOS EXPERIMENTALES

Si recibimos dichas radiaciones en un radioreceptor hallaremos que su amplitud fluctúa rápida e irregularmente, produciendo en los auriculares un ruido con características semejantes a las de las fluctuaciones de potencial que se producen en toda resistencia. Se compone dicho ruido de una sucesión de breves impulsos recibidos a intervalos irregulares. Rayleigh demostró hace ya muchos años que la luz blanca puede considerarse formada por una sucesión de impulsos de un tipo semejante. Las ondas recibidas del espacio estelar tienen una distribución que corresponde con la que Rayleigh da a la luz blanca en su teoría de las pulsaciones, y presenta un espectro continuo semejante en muchos aspectos al de la luz blanca.

La recepción y amplificación de estos débiles e irregulares impulsos presenta un problema difícil debido a los ruidos inherentes al aparato, que se componen de dos fenómenos llamados respectivamente efecto de Johnson y efecto «shot»[1], los cuales producen ruidos semejantes a los que queremos amplificar. Sin embargo, es posible conseguir una mayor sensibilidad si al construir el receptor tenemos en cuenta las siguientes consideraciones. Supongamos que la radiación incidente está constituída por una sucesión irregular de marcados impulsos, cada uno de los cuales origina una oscilación amortiguada en el primer circuito de radiofrecuencia de una amplitud de banda Δf. Cada uno de estos transientes tendrá una duración del orden de $1/\Delta f$ de modo que, como término medio, el número de transientes independientes que pueden producirse por segundo en el primer circuito será del orden de Δf. Si el instrumento registrador del receptor tiene una constante de tiempo t, de modo que registra un valor medio durante un intervalo t, la salida representa entonces la cifra media de n transientes incidentes independientes, con $n = t\Delta f$. Esta cifra media consiste de una componente continua y una fluctuante, y, como sucede en la determinación de los valores medios de todo proceso fortuíto, las fluctuaciones quedarán reducidas en la proporción $1/\sqrt{n}$, o sea $1/\sqrt{(t\Delta f)}$, en relación con las fluctuaciones de la entrada. Esa fluctuación de la salida es lo que determina la intensidad de las señales más débiles que pueden separarse de las fluctuaciones debidas a los efectos «shot» y Johnson. Para obtener la máxima sensibilidad, la amplitud de

[1] La corriente a través de una válvula termiónica implica el paso de electrones cuya llegada a intervalos irregulares produce fluctuaciones inevitables en la corriente; éstas, a su vez, originan un ruido en los auriculares conectados a un amplificador: éste es el llamado efecto «shot». Los electrones en una resistencia se hallan en continua agitación térmica y producen fuerzas electromotrices irregulares, las cuales a su vez causan un ruido en los auriculares conectados a un amplificador de alta ganancia: éste es el efecto de Johnson.

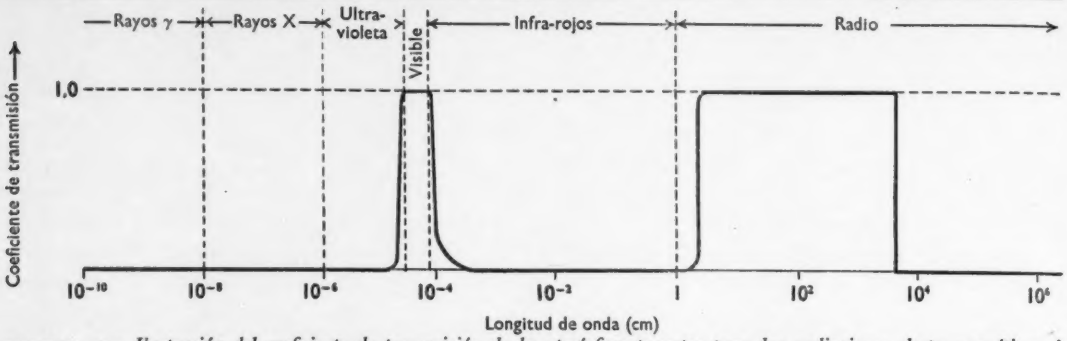


FIGURA 1 – *Ilustración del coeficiente de transmisión de la atmósfera terrestre para las radiaciones electromagnéticas de distintas longitudes de onda.* (*Por cortesía de la Physical Society.*)

banda Δf y el tiempo de integración t deben aumentarse todo lo posible. Se ha podido extender la amplitud de banda hasta 1–4 Mc/s, con frecuencias centrales entre 40 y 500 Mc/s, y la constante del tiempo de registro en la salida de 0,1 a 1 seg., de modo que $\sqrt{(t\Delta f)}$ es del orden de 1000.

La separación del ruido estelar del inherente al receptor se obtiene por lo común conectando y desconectando rápidamente el amplificador entre la antena y una fuente local de ruido. Si éste no es tan marcado como el que proviene de la antena se observará en la salida un componente periódico de ruido, el cual puede medirse directamente o puede servir para actuar un servo-mecanismo que regule la fuente local hasta que ésta introduzca una señal igual a la de la antena. Cuando se usa este dispositivo, la fuente local es por lo común un diodo saturado que produce un ruido fluctuacional proporcional a la corriente anódica. El servo-mecanismo controla la corriente del filamento y se registra la corriente anódica obteniéndose así un valor para el ruido captado por la antena. En este dispositivo automático el amplificador se usa solamente para igualar los respectivos ruidos de la antena y del diodo, y la amplificación puede variar entre límites muy amplios sin cambiar de manera apreciable la lectura de la salida.

Con un aparato registrador automático es posible registrar y medir un ruido estelar que sea aproximadamente un 3% del ruido propio al aparato receptor. La sensibilidad del dispositivo es tal que si el ruido que se ha de registrar tuviese su origen en una resistencia controlada conectada a la entrada del amplificador, se podría registrar y medir la f.e.m. correspondiente a un cambio de 1° K en la temperatura de la resistencia.

MEDIDA DE LA DIRECCION DE INCIDENCIA

Para conocer la dirección de incidencia de las ondas de radiofrecuencia es conveniente usar un radio-telescopio. El tipo más sencillo consiste en un espejo cóncavo, como en un telescopio óptico de reflexión, con una antena de recepción en su foco. La precisión θ con que se puede determinar la dirección de incidencia en cualquier aparato de este tipo depende de la razón entre el diámetro (W) del espejo y la longitud de onda (λ) de las ondas usadas. El ángulo θ medido en radianes es del orden λ/W y se considera por lo general como representativo del poder de resolución del telescopio. Es interesante comparar el poder de resolución de los telescopios ópticos, que utilizan ondas luminosas de unos 5×10^{-5} cm y el de los radio-telescopios que usan ondas de unos 5 m. Un telescopio óptico relativamente modesto, con una apertura de 10 cm, tendrá el mismo poder de resolución que un radio-telescopio de 1000 km de apertura. Es pues evidente que los radio-telescopios no pueden ni siquiera aproximarse en cuanto a poder de resolución se refiere a los telescopios ópticos. Sin embargo, para conseguir el mayor poder de resolución posible se han construído grandes reflectores. Uno de los mayores se encuentra en Manchester y tiene una apertura de unos 80 m, de modo que cuando se usa con longitud de onda de 2 m tiene un poder de resolución de 1/40 de radián, o sea 1,5° aproximadamente.

Las limitaciones que el finito poder de resolución impone a la radioastronomía pueden comprenderse mejor cuando consideramos lo que podría observarse con un telescopio óptico de semejante poder de resolución: el Sol aparecería como un borrón subtendiendo un ángulo de 1,5°, o sea tres veces su tamaño actual; todas las estrellas tendrían el mismo tamaño, y la superposición de sus bordes produciría una brillantez difusa en el cielo; toda estrella de gran luminosidad aparecería como una mancha brillante.

Los grandes espejos son muy costosos y su exacta

construcción muy difícil; su tamaño está asimismo limitado por razones físicas. En la astronomía óptica se aplica desde hace tiempo el principio de que no es necesario usar toda la superficie del espejo para obtener su pleno poder de resolución: sólo son necesarias las partes del borde. Michelson usó dicho principio en su interferómetro estelar, colocando a una distancia de varios metros dos espejos que servían como puntos del borde de una gran lente, de modo que la luz reflejada en ellos formase franjas de interferencia en un telescopio. La apropiada medida de éstas sirve para obtener un mayor poder de resolución. El mismo principio se aplica a la radioastronomía de la siguiente manera.

Se usan dos sistemas de antenas con la mayor distancia posible entre sí en la dirección E–O. Las antenas se conectan por líneas de transmisión a un receptor situado en el punto medio entre ambas, de modo que se sumen las fuerzas electromotrices. Un dispositivo de este tipo posee un diagrama de receptividad como el de la Fig. 2, en el cual alternan las máximas y las mínimas. Las máximas ocurren en direcciones tales que la diferencia de ruta a ambas antenas es un múltiplo de la longitud de onda, quedando separadas así las direcciones por un ángulo dado en radianes por $\theta = \lambda/W$, donde W es la distancia entre las antenas. La curva total que envuelve el diagrama de receptividad representa la receptividad de una sola de las antenas y está determinada por el tamaño de la misma. Como la dimensión de una antena es menor que W, la anchura angular de la curva envolvente es mucho mayor que la distancia angular entre las máximas. Al girar la Tierra, el diagrama de receptividad de la Fig. 2 gira también, y toda radiación de una fuente estelar que subtienda un ángulo muy reducido será recibida con una intensidad periódicamente creciente y decreciente. Si la fuente subtendiese un ángulo comparable con el θ de la Fig. 2, se superpondría

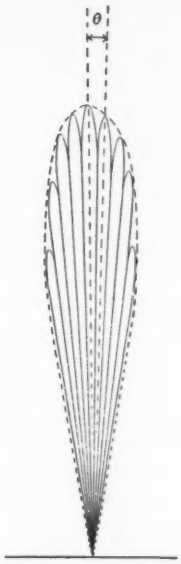


FIGURA 2 – *Diagrama de receptividad de un interferómetro de antenas distanciadas.*

a una de las mínimas y la intensidad no quedaría reducida a cero; una distribución uniforme y difusa de la radiación no produciría ninguna variación periódica. Si sobre un fondo de radiación general y difusa existiese una pequeña fuente que subtendiera un ángulo menor que θ, se produciría una traza oscilante. En la Fig. 3 se observan dos trazas de dicho tipo: se trata de un registro obtenido con una longitud de onda de 3,7 m y en él se revela la presencia de dos ligeras fuentes de radiación. Los tiempos A y B, en que ocurren las máximas centrales, corresponden a los tiempos en que el plano de simetría del sistema de antenas pasó ante las fuentes. La dirección de éstas puede por tanto determinarse con una precisión comparable al ángulo θ entre las máximas en el

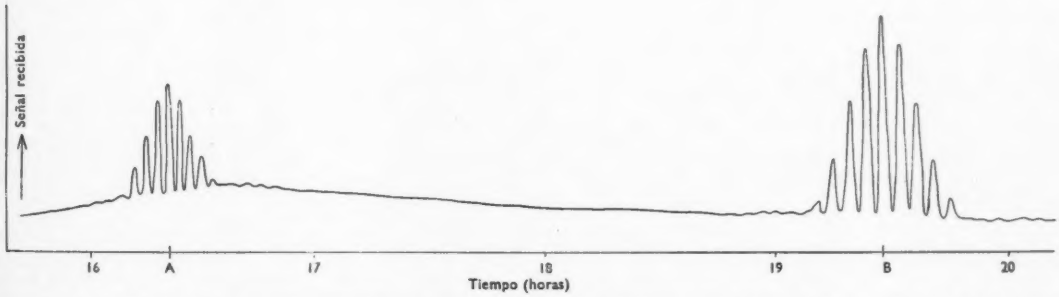


FIGURA 3 – *Sección de un registro obtenido con un sistema interferométrico con una longitud de onda de 3,7 m. Indica la presencia de dos fuentes de radiación superimpuesta sobre una radiación difusa de fondo.* (*Por cortesía de la Physical Society.*)

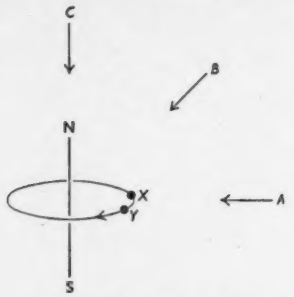


FIGURA 4 – *La periodicidad de un registro interferométrico depende de la coordinada N–S de la fuente.*

diagrama de receptividad. Es de notar que este ángulo está dado por $\theta = \lambda/W$, que es lo mismo que el poder de resolución de un espejo con un diámetro igual a la distancia entre los sistemas de antenas. Un nuevo sistema de registro inventado recientemente hace posible una precisión aún mayor, con un error de sólo 0,01 λ/W.

Puede parecer a primera vista que aunque este interferómetro permite determinar la posición angular de una fuente de radiación en la dirección E–O, no sirve para obtener datos acerca de la posición angular en la dirección N–S. Esta coordenada puede también determinarse: supongamos que en la Fig. 4 *X* y *Y* representan las dos antenas espaciadas en la dirección E–O, las cuales giran con la Tierra; si la radiación es incidente en la dirección *A*, la diferencia de las rutas a *X* y *Y* variará según la separación *XY* y la velocidad de la rotación terrestre; la rapidez de esta variación determina la distancia entre las máximas en un registro del tipo de la Fig. 3. Sin embargo, si la radiación incide en la dirección *B*, la diferencia entre las rutas varía también pero a una velocidad menor que en el caso de la radiación *A*. En el caso de *C*, la ruta a *X* y *Y* no varía con la rotación de la tierra. Variando la dirección de incidencia desde *A* a *C*, el intervalo entre las máximas sucesivas del registro se alarga, pudiendo demostrarse que es proporcional al coseno del ángulo entre la dirección de incidencia y el plano E–O. El ángulo de incidencia en la dirección N–S puede determinarse por tanto mediante la periodicidad del registro de interferencia.

La Fig. 6 muestra dos antenas del interferómetro usado en Cambridge. En una, cada uno de los sistemas *A* y *B* consiste de 80 dipolos acoplados en fase a una línea de transmisión y levantados sobre una retícula reflectora de modo que permita la mejor recepción en la dirección vertical. Los sistemas se encuentran a 400 m de distancia en una dirección E–O. En la segunda antena, ambos sistemas *C* y *D* tienen la forma de pequeños espejos cóncavos. La Fig. 5 muestra esquemáticamente la disposición del primer sistema y la forma de la curva de receptividad con una longitud de onda de 3,7 m. El registro de la Fig. 3 fué obtenido con esta antena; estos registros indican la presencia de un fondo general de radiación, cuya intensidad varía en las distintas regiones celestes, y de dos fuentes aisladas que producen las dos trazas oscilantes cuando la rotación de la tierra las coloca dentro del ángulo de recepción.

La radiación del Sol en período inactivo no produce una oscilación apreciable ya que el diámetro angular del Sol cubre más de una máxima en el diagrama de recepción. Sin embargo, si se aumenta el ángulo entre máximas disminuyendo la distancia entre las antenas, el Sol no cubre entonces dos de ellas y su radiación produce una traza oscilante en el registro. La Fig. 7 es un registro de este tipo tomado con una distancia entre las dos antenas de 10 longitudes de onda. Tales registros distinguen la radiación solar del fondo galáctico, con lo que puede estudiarse independientemente.

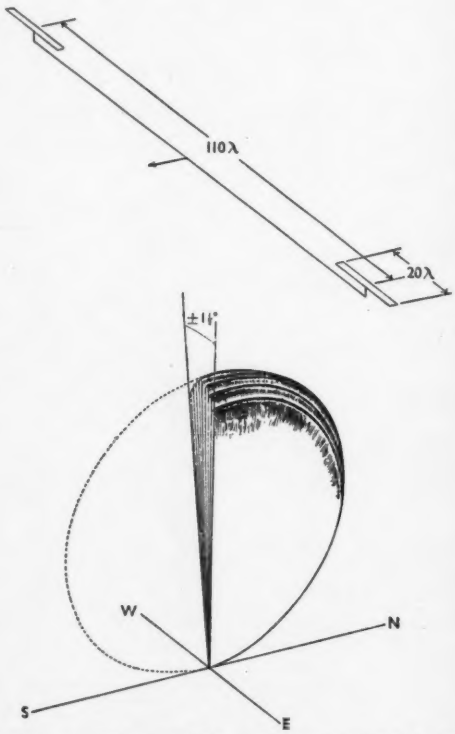


FIGURA 5 – *Diagrama del sistema de antena* AB *de la Fig.* 6 *y su diagrama de receptividad con una longitud de onda de* 3,7 *m.*
(Por cortesía de la Physical Society.)

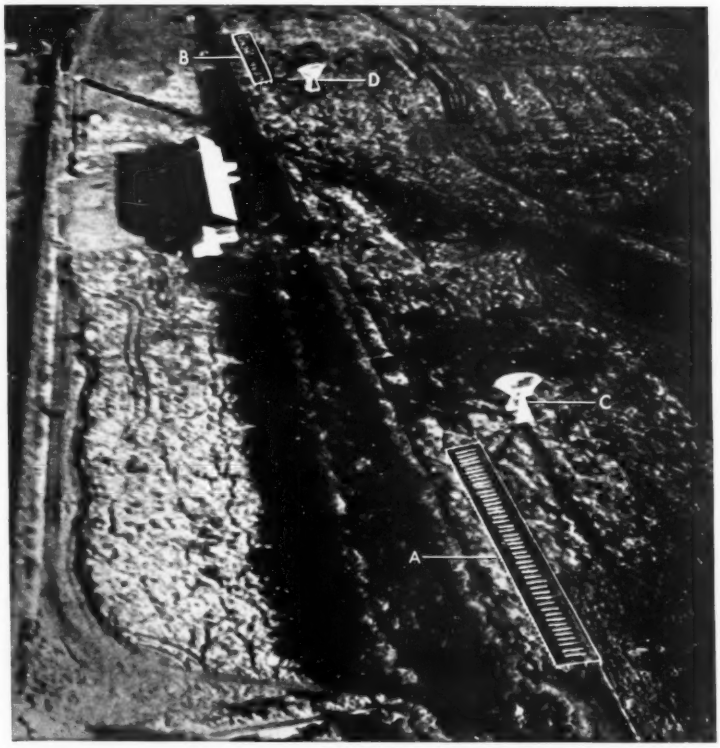


FIGURA 6 – *Fotografía de dos antenas para interferómetro usadas en Cambridge. El par* AB *se usa con una longitud de onda de* 3,7 *m; el par* DC *con una longitud de onda de* 1,4 *m.*

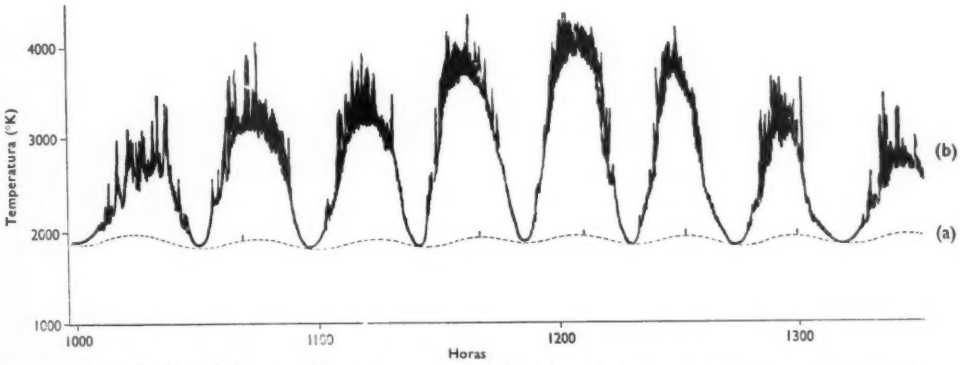


FIGURA 7 – *Registro de la radiación solar con una longitud de onda de* 3,7 *m obtenido con un dispositivo interferométrico de bajo poder de resolución.* (a) *Sol inactivo;* (b) *Sol en período de gran actividad de las manchas.*

(Por cortesía de la Physical Society.)

La energía recibida del Sol usando la antena del interferómetro corresponde al producto de la curva sinusoidal del interferómetro y de la curva de distribución de energía radiada en el disco solar. Variando las dimensiones de la figura de interferencia, o sea variando la distancia entre las antenas, es posible realizar un análisis de Fourier de la distribución de la radiación en el disco solar. De este modo se ha probado que la radiación del Sol inactivo tiene su origen en un disco dos veces mayor que el disco visible.

En una forma modificada del interferómetro, usada por los investigadores australianos, se monta un sistema único de antenas en lo alto de un acantilado, de modo que las radiaciones se reciben sobre el mar en una dirección casi horizontal. La radiación de una fuente de pequeña elevación es recibida en la antena de dos maneras: por un rayo directo y otro indirecto reflejado en la superficie del mar. La señal en la antena es semejante a la que se produciría si hubiera otro sistema de antenas situado en el punto imaginal bajo la superficie del mar que funcionase en conjunción con la antena real de la forma antes descrita. De este modo se obtiene una traza oscilante de la fuente de radiación.

Cada uno de estos tipos tiene sus ventajas y desventajas. En el interferómetro marino no es necesario usar cables de conexión entre dos antenas, pues una de ellas es sólo una imagen, evitándose por tanto todos los problemas del equilibrio eléctrico y de los cambios en las constantes del cable; pero tienen que considerarse los cambios del nivel del mar. Las observaciones pueden efectuarse sólo en direcciones casi horizontales, donde los efectos refractivos de las capas inferiores de la atmósfera pueden producir importantes errores de medición. El interferómetro de doble sistema de antenas evita esta dificultad al recibir predominantemente radiaciones próximas al zenit.

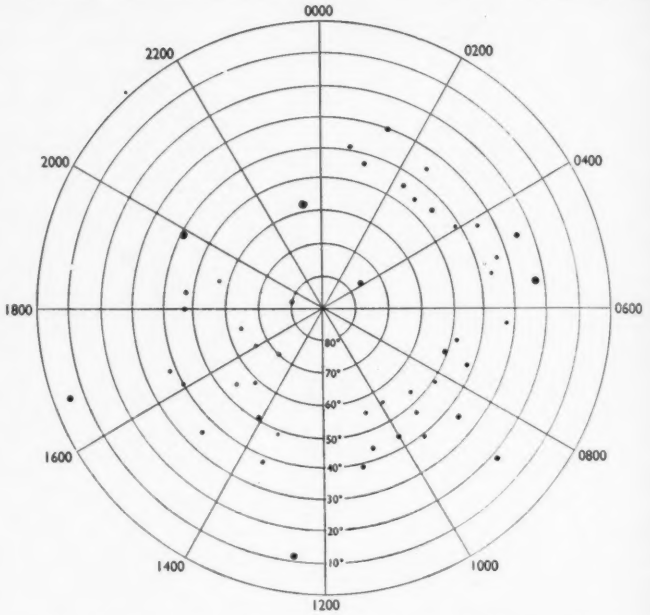


FIGURA 8 – *Mapa de las radioestrellas del hemisferio septentrional.*

RESULTADOS

RADIACIONES GALACTICAS

Los registros del tipo de la Fig. 3 indican la existencia de gran número de fuentes de radiación distribuídas por todo el cielo y permiten establecer su posición dentro de los límites del poder de resolución del interferómetro usado. La Fig. 8 es un mapa de las fuentes localizadas hasta hoy en el hemisferio norte; la intensidad de las mismas va indicada por el tamaño de los puntos. La potencia de la radiación de ciertas fuentes es comparable con la recibida del Sol; en dos casos, usando una longitud de onda de 5 m, las radiaciones son más potentes que las del Sol inactivo.

Las fuentes de radiación localizadas de este modo se denominan radioestrellas. Es interesante investigar si se trata también de estrellas visibles, pero debemos recordar que, debido al limitado poder de resolución de los radio-telescopios, no es posible localizar las radioestrellas con la misma precisión que las visibles. Un examen preliminar de la posición de aquéllas muestra que no existe relación entre las radioestrellas más potentes y las estrellas visibles de primera magnitud. Las dos radioestrellas más intensas se encuentran en regiones que subtienden menos de un cuarto de minuto cuadrado de arco, y en esas regiones no hay estrellas visibles de magnitud superior a la 14ª.

Además de las radioestrellas que revela el interferómetro existe todo un fondo de radiación que no puede resolverse en fuentes definidas. La distribución de intensidad de este fondo sigue muy de cerca los contornos de la Galaxia, según los mapas de estrellas visibles; la mayor intensidad proviene del plano galáctico. Parece que dentro del conjunto de estrellas que es la Galaxia existen fuentes

de radio-radiación distribuídas de tal modo que recibimos la mayor intensidad de radiación, como también la mayor intensidad luminosa, al enfocar el Plano galáctico, o sea la Vía Láctea.

Debemos investigar ahora si la radiación galáctica puede explicarse como la suma de las emisiones de innumerables radioestrellas que aún no hemos podido resolver, o si existe cierta fuente extensa de radiación independiente de los cuerpos estelares. Si aceptamos la primera hipótesis es necesario explicar por qué las radioestrellas localizadas hasta hoy se encuentran aproximadamente distribuídas de una manera uniforme en todas direcciones, según indica la Fig. 8. Parece razonable suponer que son tan numerosas que, en ausencia de un poder de resolución más elevado, las estrellas más distantes y débiles no pueden ser resueltas y sólo podemos observar separadamente las más cercanas y potentes. Si éstas se encontrasen a distancias considerablemente menores a la dimensión más corta de la Galaxia deberían aparecer distribuídas uniformemente en todas direcciones. Sería algo semejante a lo que sucede cuando observamos a simple vista las estrellas visibles: sólo podemos resolver las que se encuentran relativamente cerca del sistema solar y están por tanto distribuídas uniformemente en todas direcciones, aunque la suma de la radiación luminosa de grandes números de estrellas muy distantes produce la luz difusa de la Vía Láctea.

Los esfuerzos para medir la distancia de las radioestrellas más poderosas por métodos de paralaje han fracasado hasta ahora debido al limitado poder de resolución del radio-telescopio, pero se cree que las más potentes se hallan a más de 10^{13} km de distancia, o sea una distancia igual a la mitad de la de la estrella visible más cercana, y cerca de 10^{-4} del espesor del disco de la Galaxia.

Si consideramos las radioestrellas observadas como típicas de su especie y suponemos que se hallan dispersas por toda la Galaxia con una densidad comparable a la de las estrellas visibles y con idéntica distribución estadística de intensidad, es posible entonces explicar la intensidad observada de la radiación del fondo. Sin embargo, hasta que tengamos pruebas definitivas de la distancia de las radioestrellas más cercanas no es posible excluir otras fuentes de radiación galáctica. El hecho de que ésta venga del plano galáctico y probablemente por tanto de fuentes intergalácticas sugiere que la Galaxia se halla también radiando hacia el espacio extragaláctico. En dicho caso sería presumible que otras galaxias enviasen también radiaciones mensurables hacia nosotros; en efecto, cuatro de las nébulas extragalácticas más cercanas se hallan próximas a la posición de cuatro radioestrellas y parece probable que la radiación observada sea la suma de las emisiones de esas remotas galaxias. Este resultado indica que el proceso que causa la radioemisión dentro de nuestra galaxia también se da en otras galaxias.

RADIACION SOLAR

Pasemos ahora a las radiaciones recibidas del Sol. Su potencia fluctúa considerablemente, estando los períodos de intensa radiación relacionados con el paso de manchas sobre la parte central del disco solar. Desde que se iniciaron las observaciones radioastronómicas, las manchas han sido tan numerosas que es difícil decidir con precisión cuál sea la intensidad de radiación del Sol inactivo; sin embargo, poseemos suficientes datos que atestiguan que dicha intensidad varía con la longitud de onda de la radiación. Más adelante trataremos de la importancia teórica de esto. La distribución de la emisión a través del disco solar inactivo ha sido determinada asimismo por el método de Fourier antes descrito, hallándose que con longitudes de onda del orden del metro la superficie activa del Sol es el doble de la óptica y que, a diferencia de lo que sucede con las longitudes de onda ópticas, la intensidad de radiación decrece gradualmente hacia el borde del disco.

En los períodos de manchas, la intensidad de la radiación solar aumenta considerablemente; dicho aumento es más marcado en las ondas más largas (10 m) pudiendo alcanzar un valor de 10^4 del normal,[1] mientras que en las longitudes de 10 cm es raro hallar un aumento siquiera del doble de dicho valor normal. Esta radiación intensificada se caracteriza por rápidas fluctuaciones, como las de la Fig. 7*b*, y a veces repentinas acentuaciones de mayor intensidad aún. Tales acentuaciones se hallan relacionadas frecuentemente con las protuberancias solares observadas en el espectroheliosco y que, como se sabe, van acompañadas del «fading» de las radiotransmisiones en la Tierra.

Los experimentos realizados con el interferómetro han probado que las fuentes de la radiación aumentada coinciden bastante exactamente con las manchas visibles. Las observaciones realizadas durante los eclipses para localizar las fuentes de radiación en el disco solar parecen indicar que también se hallan regiones de radiación intensa en lugares donde no hay manchas visibles. La radiación de las manchas solares es más intensa

[1] Este aumento es tan grande que puede a veces causar graves perturbaciones en los receptores de televisión y radar.

cuando se encuentran en la región central del disco y parece que la radiación es emitida (al menos en las longitudes de onda más largas) en un cono con un semiángulo de unos 15° y el eje perpendicular a la superficie solar.

No existen pruebas de que la radiación del Sol inactivo se halle polarizada, pero la de las manchas parece estar polarizada circularmente, con sentido de rotación a veces opuesto. Aunque es probable que la dirección de polarización se halle relacionada con la polaridad magnética de la mancha, aún no se ha podido establecer claramente dicha relación. La mayor dificultad es que la mayoría de las manchas son complejas, con polaridad magnética opuesta en las distintas partes.

CONSIDERACIONES TEORICAS

Todo cuerpo a temperatura elevada debe emitir una cantidad notable de energía en la región de las ondas de radio y si esta radiación fuese realmente parte del espectro continuo podría representarse como una serie irregular de impulsos, lo cual se observa en la radiación solar. Si suponemos que el Sol inactivo emite radiaciones desde una superficie algo más grande que el disco solar (lo cual se ha comprobado experimentalmente) podemos utilizar la radiación observada para calcular la temperatura de la fuente. Hallamos así que la «temperatura equivalente» del centro del disco solar depende de la longitud de onda de la radiación observada, como aparece en la Fig. 9. Según esos resultados es evidente que la temperatura equivalente para la emisión de radio-ondas es mayor que la deducida (6000° K) de las observaciones de la luz visible del Sol.

El hecho de que la radiación provenga de un área unas dos veces mayor que el disco visible indica que quizás se origine en la corona solar; esta hipótesis es bastante razonable si consideramos que recientes pruebas espectroscópicas hacen suponer que la temperatura coronal llega hasta 10^6 grados K. Se cree que la corona solar está totalmente ionizada, consistiendo de electrones libres que chocan — con relativa infrecuencia — con los núcleos positivos de los átomos. Este gas de electrones colidentes es en muchos aspectos semejante a la ionosfera terrestre y en su investigación pueden utilizarse todos los principios de la teoría ionosférica ordinaria.

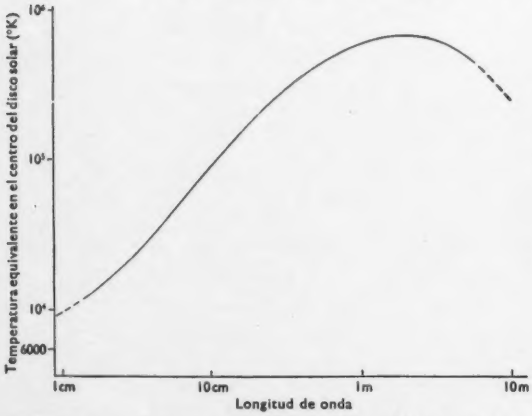


FIGURA 9 – *Dependencia de la emisión del Sol inactivo en la longitud de onda. La intensidad de la radiación recibida está expresada en términos de una temperatura equivalente.*

Para tratar en detalle del problema de la variación a través del disco solar de la intensidad irradiada en diversas longitudes de onda es conveniente planteárselo al revés y considerar la incidencia de una serie de rayos sobre el Sol a ángulos diferentes. Si conociésemos la densidad electrónica y la temperatura en todas las alturas de la corona solar nos sería posible calcular la absorción a lo largo de cada uno de dichos rayos; luego, mediante el principio de la reversibilidad termodinámica podríamos determinar la intensidad de la radiación emitida en cada una de dichas direcciones y la intensidad de la irradiación en cada punto del disco. Comparando los resultados teóricos con los obtenidos experimentalmente se podría intentar la determinación de la variación de la intensidad electrónica y de la temperatura con relación a la altura. Pero hasta hoy no ha sido posible establecer un modelo satisfactorio de toda la atmósfera solar, aunque de este modo se ha podido deducir un modelo de los niveles inferiores. La Fig. 10 muestra los resultados obtenidos.

Después de haber dicho que existe una teoría bastante aceptable de la emisión de radio-ondas desde el Sol inactivo, debemos admitir que no hay una explicación sencilla de la elevada emisión por parte de las manchas. Toda teoría debe explicar dos hechos importantes: primero, la polarización circular observada en la radiación parece indicar que el campo magnético de la mancha tiene un papel importante en la emisión, ya que los electrones libres tienen órbitas circulares alrededor del campo magnético; segundo, como la elevada radiación nace de una región mensurablemente pequeña cerca de la mancha, debe corresponder a una temperatura muy alta, deduciéndose temperaturas superiores a 10^{10} grados K. Se han propuesto dos tipos diferentes de hipótesis.

Una de ellas, que llamaremos la teoría del

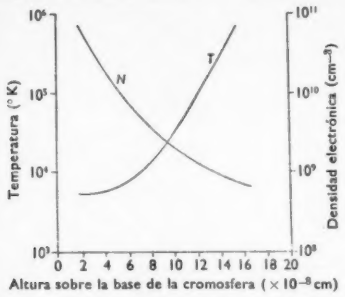


FIGURA 10 – *La densidad electrónica* (N) *y la temperatura en el modelo de la cromosfera solar.*

(*Por cortesía de* Science Progress.)

equilibrio, supone que la radiación está producida por electrones con movimiento fortuíto y a una velocidad igual a la que tendrían si se encontrasen en equilibrio en un gas a una temperatura de 10^{10} grados K. Se postula que los electrones han alcanzado dicha velocidad mediante la acción de fuerzas electromagnéticas producidas, por ejemplo, por el incremento del campo magnético de las manchas. La energía producida por campos moderados puede ser muy grande, ya que el camino libre medio de los electrones en el Sol es muy largo. Los electrones de dicho tipo pueden muy bien producir las radiaciones observadas, y la polarización de la radiación estaría causada por un proceso análogo al que produce en la ionosfera terrestre ondas polarizadas circularmente en sentido opuesto.

El segundo tipo de hipótesis, que podría denominarse teoría de la oscilación coherente, postula que cierto proceso causa la oscilación en fase de un número de electrones, produciéndose así una oscilación coherente. La gran temperatura equivalente de una mancha no indicaría una gran temperatura sino una moción electrónica ordenada, del mismo modo que la gran intensidad de la onda de un radio-transmisor es consecuencia de la moción ordenada de los electrones en la antena y no de su elevada energía. El campo magnético de la mancha podría causar la circularidad de las oscilaciones coherentes, y la radiación emitida estaría por tanto polarizada circularmente.

Cuando consideramos la radiación galáctica encontramos aún mayores posibilidades de especulación, sin que pueda decirse que se haya propuesto una teoría generalmente aceptable. Ya hemos mencionado que es razonable suponer, sobre una base estadística, que la aparentemente difusa radiación de la Galaxia nos llega sobre todo de un grupo no resuelto de radioestrellas con características estadísticas semejantes a las de las ya observadas. Es posible, sin embargo, que parte de esta radiación difusa se origine en la radiación interestelar, aunque hasta ahora no se ha propuesto ninguna explicación detallada que justifique más que una pequeña fracción de la radiación observada.

Se ha hallado que la intensidad de las radiaciones emitidas por una radioestrella media es cuando menos 10^8 de veces mayor que la del Sol inactivo, y cien veces mayor que la del Sol en período de máxima actividad. Pero la gran constancia de la radiación de cada una de las 50 radioestrellas estudiadas hace poco probable que el mecanismo de emisión sea en ellas idéntico al del Sol en actividad. Debemos pues concluir que la emisión de las radioestrellas supone cierto proceso capaz de producir una emisión mucho más intensa que la del Sol. Al mismo tiempo es de notar que, comparadas con el Sol, su emisión visible es muy débil. Se comportan pues como si poseyesen cromosferas mucho más frías que la solar y coronas mucho más calientes. Hasta ahora no se ha hallado ninguna teoría que explique estos fenómenos.

EL FUTURO DE LA RADIOASTRONOMIA

Parece probable que en el futuro inmediato los radioastrónomos experimentales concentren su atención en los métodos para conseguir un mayor poder de resolución. El desarrollo de antenas de grandes dimensiones para los interferómetros podrá permitir la observación de más radioestrellas y quizás determinar su paralaje y diámetro; ciertos tipos especiales de antena debieran suministrar importantes datos sobre la distribución de la radiación del fondo galáctico y de las nebulosas extragalácticas.

Recientemente se ha anunciado la construcción en Manchester de un radio-telescopio de este tipo; tendrá un diámetro de 75 m y estará dotado de un movimiento de rotación que permita enfocarlo hacia cualquier región del cielo. Tendrá por tanto no sólo una directividad mayor que la del presente telescopio manchesteriano sino que también podrá observar fuentes de todo ángulo de declinación y no sólo en la franja zenital.

Sir William Ramsay (1852–1916)

M. W. TRAVERS

Hace cincuenta años Ramsay y Travers aislaron por vez primera el gas neón. El Profesor Travers relata las investigaciones de su ilustre colega, quien añadió toda una familia de elementos a la Tabla Periódica.

William Ramsay estudió primeramente en la Academia de Glasgow, siguiendo después un curso de tres años en la Universidad de dicha ciudad. A la edad de 16 años había recibido ya una buena instrucción humanística, pero el curso contenía muy pocas matemáticas y ninguna otra ciencia. Recibió lecciones de francés y alemán, y siguiendo la lectura de la Biblia en la iglesia en esos dos lenguajes, adquirió suficiente conocimiento de ambos. Tenía buen oído musical y fué un hábil pianista. Manejaba diestramente el lápiz, con el que hizo excelentes esbozos de retratos, y compuso versos humorísticos. Cultivador del atletismo, no era muy aficionado a los juegos de pelota, aunque jugaba bien al golf y al tenis; pero le agradaban mucho los deportes acuáticos, y fué un destacado nadador bajo el agua. Tenía una gran memoria para los nombres y fisionomías; era de carácter sociable, y supo conquistar amigos para toda la vida. Hubiera sido fácil vaticinar para el joven Ramsay el éxito en todas las esferas sociales.

El propósito de sus estudios era el ingreso en la iglesia, pero al dejar la universidad decidió dedicarse a la química. No sabía entonces más química que la que había aprendido realizando experimentos caseros con su amigo Henry Fyfe, pero se había criado en una atmósfera científica. Su padre, competente ingeniero, se interesaba por la ciencia, y especialmente por los trabajos de su hermano Andrew, el eminente geólogo, con cuya familia tenía Ramsay relaciones íntimas. En Mayo de 1869, William entró en el laboratorio del Jefe de análisis del Ayuntamiento de Glasgow, donde permaneció 16 meses, convirtiéndose en un competente analizador. Durante el invierno, asistía a las lecciones de química de la universidad.

Había tenido la intención de ir a Heidelberg en el otoño de 1870, pero, debido al estallido de la guerra franco-prusiana, permaneció en Glasgow, trabajando en el laboratorio de Sir William Thomson y asistiendo a sus lecciones. En abril de 1871, fué a Tübingen, a trabajar bajo la dirección de Fittig. Las cartas que dirigió a sus padres demuestran que se sentía feliz en la vida universitaria y en sus viajes de vacaciones por el sur de Alemania, Suiza y Austria. Llevó a cabo una investigación sobre los ácidos nitrotolúicos, que le incitó a emprender exploraciones más profundas en el amplio campo de la química orgánica.

Obtuvo el doctorado en Tübingen, y volvió a su país para ocupar el cargo de auxiliar del profesor de química técnica del *Anderson's College*, de Glasgow; dos años más tarde fué nombrado preceptor auxiliar del Departamento de química de la Universidad de Glasgow. No podemos creer que Ramsay gozase mucho dando clases elementales a 200 estudiantes de medicina en grupos de 50; pero tampoco es de suponer que Ramsay se sintiese desgraciado en una posición que le daba oportunidades, aunque limitadas, para trabajos de investigación y para viajar en las vacaciones. En el *Anderson's College* no se pensaba que el estudio de la química orgánica tuviese relación con las actividades de un químico técnico, pero en la universidad, el hecho de que un antiguo profesor se hubiera consagrado al estudio de los aceites óseos, y hubiese dejado una nutrida colección de fracciones de destilación, consistentes en piridinas, facilitaba el material disponible para la investigación. Ramsay publicó varias memorias sobre los ácidos carboxílicos resultantes de la oxidación de las piridinas, demostrando su relación con los ácidos benceno-carboxílicos. McKendric, profesor de fisiología, colaboró con Ramsay en el estudio de las propiedades farmacológicas de las piridinas, que condujo a Ramsay al estudio de los productos de oxidación de los alcaloides de quinina. El hecho de que estos cuerpos diesen productos de oxidación similares a los de las piridinas ha servido de base a muchos trabajos sobre los alcaloides.

Nos parecen de interés las circunstancias que condujeron a Ramsay a cambiar su afición a la química orgánica por la química física. James Thomson, hermano de Sir William Thomson, había colaborado en Belfast con Andrews en las

investigaciones de éste sobre el estado crítico y, al ser designado Profesor de ingeniería en Glasgow en 1873, continuó interesándose en dicho tema. Thomson entabló buena amistad con J. B. Hannay, hombre que, de no haber abandonado la química antes de los 30 años, hubiera podido llegar a ser uno de los más brillantes experimentadores de su tiempo. Hannay, en los últimos años de la década del 70, hizo algunas interesantes investigaciones que probaron que la solubilidad de las sales en flúidos no mostraba discontinuidad al pasar la temperatura crítica, y que la elevación de un líquido en un tubo capilar disminuía a medida que se elevaba la temperatura, llegando a cero a la temperatura crítica. Ramsay entabló una controversia con Hannay, en la que fué derrotado; pero aprendió de Hannay muchas cosas que le fueron de gran utilidad en sus trabajos posteriores en aquel mismo campo, donde llegó a ser reconocido como verdadero maestro.

Sir William Ramsay.

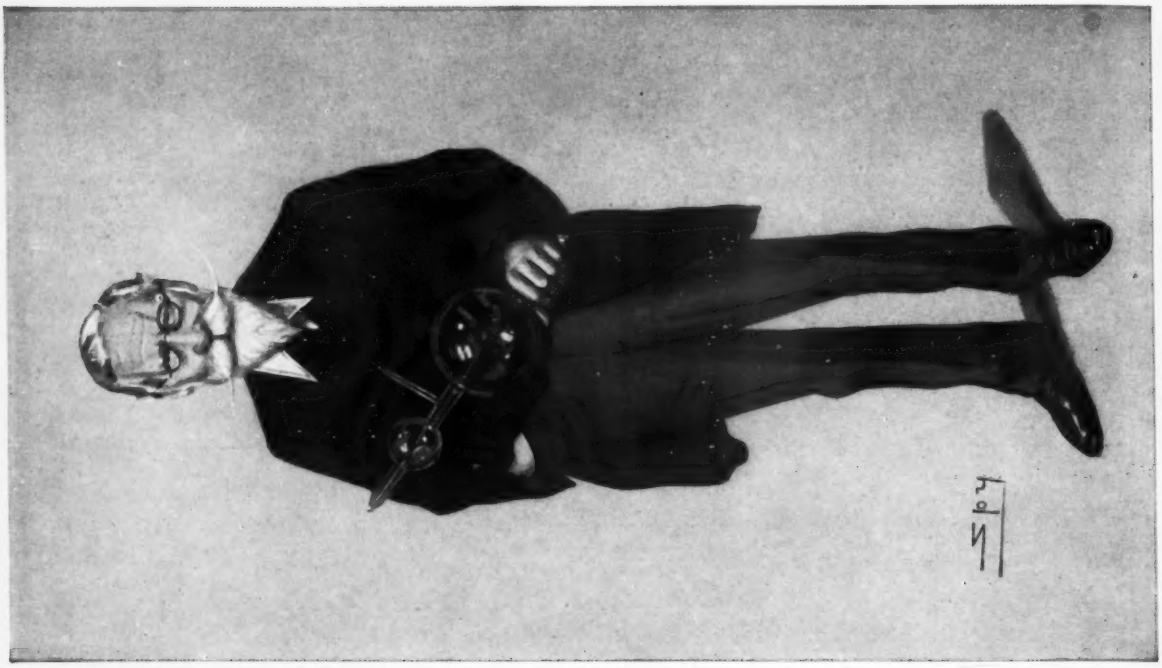
Ramsay solicitó diversos nombramientos, y a los 28 años de edad comenzaba a sentirse decepcionado cuando, en febrero de 1880, fué designado Profesor de química en el Colegio Universitario de Bristol. Inmediatamente se destacó como organizador y, al retirarse del puesto de Principal Alfred Marshall (que fué más tarde eminente economista), se designó a Ramsay para substituirle, reteniendo al mismo tiempo su cátedra de química. Esto le dió ocasión para emprender la aventura más feliz de su vida: su matrimonio con Margaret Buchanan. Pocos hombres hubieran logrado como él cuidar de la difícil administración del colegio y establecer, al mismo tiempo, una escuela de investigaciones. La tarea fué dura; el colegio era sostenido precariamente por el público; pero Ramsay mostró un genio excepcional para la cooperación, y muy pronto se ganó la admiración y el afecto de las eminentes personalidades que formaban el Consejo — cuyo director era Benjamín Jowett, el famoso maestro de Balliol — y también de sus colegas del profesorado, que eran hombres de extraordinario mérito.

Ramsay estaba ayudado en el Departamento de química por un solo auxiliar. Sydney Young, que ocupó este puesto en 1882, encontró a Ramsay consagrado a determinar el volumen de los vapores en su punto de ebullición, y a medir la presión de vapor y constantes críticas del benceno y del éter. Young, que había estudiado en Manchester y Estrasburgo y era buen experimentador, se hallaba ya interesado en el fenómeno de la evaporación del hielo. Los dos sabios unieron sus esfuerzos, y su primer trabajo condujo a la verificación de la teoría de la relación entre la presión del vapor de líquidos y sólidos, propuesta por James Thomson. Siguió a esto la publicación de una serie de memorias bajo el título de: *On Evaporation and Dissociation*, que hoy se consideran clásicas.

Entre las actividades de Ramsay, mientras fué Director del Colegio, figuró la iniciación de un movimiento para asegurar la ayuda gubernamental a los colegios universitarios.

En 1887, Ramsay fué designado Profesor de química de la Universidad de Londres. Su predecesor, A. W. Williamson, tomó parte activa, en la década del 50, en las controversias sobre la estructura de los compuestos orgánicos simples, y sobre la conducción de electricidad al través de las disoluciones de sales, pero había abandonado hacía tiempo la investigación para dedicarse a la política universitaria; la escuela de investigaciones estaba muerta. Ramsay no tenía otro personal que dos jóvenes, considerados técnicamente como auxiliares y pagados por él mismo. El laboratorio era más grande que el de Brístol, pero estaba mal construído y peor equipado. Sin embargo, Ramsay se hallaba al fin en Londres, en el centro de la vida y seguro de sí mismo; había dejado, además, la carga de la administración.

Pronto comenzó a formar una escuela de investigaciones. Uno de los más interesantes grupos



Sir William Crookes.

Sir William Ramsay.

Caricaturas de «Spy», tomadas de «Vanity Fair», con autorización de The National Magazine Company Limited.

de investigación, iniciado al final de la década del 80 por H. Picton y S. E. Linder, y basado en los trabajos que Ramsay realizara en Bristol sobre el movimiento browniano, se dedicó al estudio de las pseudosoluciones y descubrió numerosos datos importantes en relación con los coloides. En 1890, llegó a su apogeo la controversia sobre la nueva teoría de la disociación de los iones en disolución, de la que Arrhenius y Van 't Hoff fueron los originadores, y Ostwald el profeta. Se riñó una gran batalla en la reunión de la *British Association* en Leeds, colocándose Ramsay al lado de los modernistas, que fueron ásperamente combatidos por H. E. Armstrong y un fuerte grupo de químicos británicos. Ramsay y sus colaboradores y estudiantes no estaban en realidad dedicados a investigaciones relacionadas con el tema; pero Ramsay mantuvo correspondencia con Ostwald, en la que se discutían con frecuencia problemas de la disolución.

Ramsay seguía interesado en el estado de agregación de líquidos y vapores, y continuaba sus investigaciones personales en el campo que abriera en Bristol. Realizó con John Shields una investigación para determinar la agregación molecular de los líquidos por la medida de la variación de la tensión superficial con la temperatura. Atrajeron también su atención los pesos moleculares de los metales en solución y la densidad de los vapores.

Hacia 1894, Ramsay era ya muy conocido en el mundo científico. Asistía regularmente a las reuniones científicas, particularmente a las de la *British Association*, y hacía largos viajes por el Continente. Como hablaba con soltura el francés y el alemán, conquistó en Europa bastantes amigos e innumerables conocidos. Había visitado dos veces América, donde también se dió a conocer. En 1894 estaba a punto de hacerse famoso.

He referido muchas veces la historia del descubrimiento de los gases raros y siempre encuentro difícil explicarla en pocas palabras. Tres sabios tomaron parte en el descubrimiento, que cubrió de honores a todos los participantes. En 1785, Henry Cavendish — príncipe de los experimentadores — había hallado que, cuando una descarga eléctrica pasaba al través de aire al que se añadía oxígeno, confinado sobre una disolución de potasa, su volumen disminuía, formándose salitre en el líquido. Pero, por mucho tiempo que se hiciese pasar la descarga, después de absorbido el oxígeno residual, quedaba siempre una pequeña burbuja de gas. Este descubrimiento fué desdeñado durante más de cien años.

En septiembre de 1892, Lord Rayleigh escribió una carta a *Nature* diciendo que él había hallado que el nitrógeno atmosférico era siempre ligeramente más denso que el nitrógeno químico, cualquiera que fuese su fuente de origen y preguntaba si alguien podía explicarle este curioso hecho. El 19 de abril de 1894, Lord Rayleigh ofreció a la *Royal Society* un relato muy completo de su trabajo sobre la densidad del nitrógeno, pero sin intentar ninguna explicación de la diferencia de densidades. Después de la reunión, Ramsay tuvo una conversación con Lord Rayleigh, que el primero describió en una carta escrita a su tía cuatro meses más tarde. Ramsay decía que había reflexionado sobre la causa de la diferencia de densidades, y se inclinaba a dudar de la exactitud de las observaciones de Lord Rayleigh. Pero seguía diciendo que Lord Rayleigh «había presentado una memoria a la *Royal Society*, con cifras de las que no era razonable dudar. Le pregunté si tenía inconveniente en que yo tratara de resolver el misterio. El pensaba que la causa del misterio era un gas ligero en el nitrógeno no atmosférico; yo pensaba que la causa era un gas pesado en el nitrógeno atmosférico. El pasó el verano buscando el gas ligero; yo pasé el mes de julio buscando el gas pesado. Y yo he logrado aislarle. . . .»

Debemos volver ahora al mes de abril. Pocos días después de su conversación con Lord Rayleigh, Ramsay encargó a un auxiliar que hiciese un experimento, que él ya había mencionado, tratando el nitrógeno atmosférico con metal de magnesio calentado, del que se sabía que se combinaba con el nitrógeno pero posiblemente no con otro gas pesado que se hallara presente. En una reunión de la *Royal Society*, celebrada el 24 de mayo, Ramsay pudo decirle a Lord Rayleigh privadamente que el nitrógeno era más pesado después del tratamiento que con anterioridad al mismo, y ello en mayor medida de la que pudiera atribuirse a error experimental. Le escribió aquella misma noche sobre el tema, añadiendo: «¿Ha pensado Vd. que acaso haya sitio para elementos gaseosos al final de la primera columna de la Tabla Periódica?»

Después, tan pronto como terminaron las observaciones de su colega, Ramsay tomó el problema a su propio cargo. Instalando un aparato para pasar nitrógeno atmosférico repetidas veces entre dos recipientes de cristal, a través de tubos calentados que contenían codos de magnesio y óxido de cobre, redujo 23 litros de gas rapidísimamente a 1,5 litros. Usando otro aparato más pequeño, el volumen quedó reducido a 1/80 del original, creciendo la densidad del gas desde 14

hasta 16,1. Finalmente, después de pasar el gas repetidamente sobre nuevo magnesio, cuya superficie no parecía deslustrarse, la densidad se elevó a 19,085. Se envió una muestra del gas a Sir William Crookes, quien informó que el espectro era nuevo. El 4 de agosto Ramsay escribió a Lord Rayleigh una carta que empezaba con estas palabras: «Por fin, he aislado el gas . . .»; y preparó una memoria dirigida a la *Royal Society*. En el momento de terminar su memoria, el 7 de agosto, recibió una carta de Lord Rayleigh en que éste le decía que había repetido el experimento de Cavendish, obteniendo «un residuo de 0,3 cm^3 de gas, que no era ni nitrógeno ni oxígeno».

Los dos científicos acordaron en el acto unir sus esfuerzos. El manuscrito de la memoria de Ramsay quedó a un lado, publicándose solamente después de la muerte de Lady Ramsay, en 1936. Lord Rayleigh abandonó su idea de enviar una comunicación a la *British Association*; en vez de esto, apareció una nota sobre el descubrimiento, firmada por los dos científicos. Puede decirse que suscitó más incredulidad que interés, no iniciándose éste hasta que se dió un relato completo del descubrimiento y de las propiedades del argón ante una concurrida reunión de la *Royal Society*, el día 31 de enero de 1895. La densidad del gas fué fijada entonces en 19,95, siendo la del oxígeno 16, y como el valor del calor específico a volumen constante mostró que el gas era monoatómico, su peso atómico se fijó en 39,9. Parecía ser un elemento químicamente inactivo por completo.

Al día siguiente de la lectura de la memoria en la *Royal Society*, Henry Miers, del Museo Británico, pensando que esta información podría ayudar a Ramsay en sus investigaciones sobre la posible combinación del argón con otros elementos, le escribió llamándole la atención sobre el hecho de que Hillebrand, del Departamento de Topografía Geológica de los Estados Unidos, había probado cuatro años antes que muchos minerales con contenido de uranio desprendían al calentarse o al ser tratados con un ácido un gas que se suponía fuese nitrógeno. Se sugería que acaso este gas fuese argón. Ramsay obtuvo una muestra de uno de estos minerales y seis semanas más tarde repitió el experimento de Hillebrand. Era evidente que el espectro del gas era nuevo, y que la línea amarilla muy brillante señalada en él no era la línea D del sodio. Ramsay envió una muestra a Crookes, quien identificó la línea amarilla con la del hipotético helio observado en el espectro del sol durante el eclipse de agosto de 1868.

Se halló que el gas tenía una densidad alrededor de 2, y siendo como el argón, monoatómico, se fijó su peso atómico en 4, aproximadamente.

Avanzando dos años, llegamos al mes de agosto de 1897, en el que Ramsay, como Presidente de la Sección de Química de la *British Association*, reunida en Toronto, leyó una conferencia titulada: *An Undiscovered Gas* (Un gas desconocido). Demostró que, de acuerdo con la Ley Periódica, debería existir un gas que tuviera propiedades intermedias entre las del helio y las del argón. Su peso atómico sería de 20, y su densidad de 10. Pero, como decía, «la búsqueda de este gas es algo parecido a la de una aguja en un pajar. La ciencia moderna, con ayuda de un imán poderoso, podría encontrar la aguja proverbial. Pero aquí nos hallamos ante un supuesto gas desconocido, dotado sin duda de propiedades negativas, que tenemos que buscar por todos los rincones del mundo». Ramsay y Morris Travers habían dedicado ya dos años a dicha búsqueda, y a fines de 1897 llegaron a la conclusión de que la atmósfera podía ser el lugar donde se hallaba oculto el gas desconocido. Se habían hecho ya intentos fallidos para dividir el argón en componentes ligeros y pesados por difusión fraccional; pero ahora se ensayaba otro método: la licuefacción del argón y la destilación del líquido. Se aisló lo que en aquellos días constituía una gran cantidad de argón. Fué licuada en una cubeta refrigerada en aire líquido, separándose la fracción más volátil. Al hacerse pasar una descarga eléctrica al través del gas, una llamarada carmesí reveló que se hallaba a la vista el objetivo de la investigación.

Entre mayo y julio de 1898 se descubrió que el aire atmosférico contenía, no sólo argón, sino también otros cuatro gases. El criptón y el xenón, que acabaron por arrojar pesos atómicos próximos a 80 y 128 respectivamente, fueron licuados con facilidad, lográndose separarlos y obtenerlos en forma relativamente pura. Pero la fracción volátil era una mezcla de argón y helio con un gas desconocido, llamado neón, y esta mezcla no podía licuarse usando aire líquido. Sin embargo, en julio de 1900, el neón puro fué separado del argón y del helio utilizando hidrógeno líquido, y se halló que tenía una densidad de 10 y un peso atómico de 20, según se había predicho. Los cinco gases raros encajaban en sus lugares apropiados dentro de la Tabla Periódica.

El descubrimiento de los gases raros significó un notable avance para las investigaciones sobre el radio, especialmente las que inició, casi inmediatamente, Rutherford. Uno de los primeros hallazgos de éste fué que el cambio radiactivo del

torio daba origen a un gas, que era en sí mismo radiactivo pero químicamente inactivo, aunque capaz de ser condensado a partir de una mezcla con aire, a la temperatura del aire líquido. Rutherford y Soddy hallaron que el radio producía una emanación similar, y Soddy vino desde Montreal a Londres, para unirse a Ramsay en el estudio de la emanación, mediante métodos desarrollados en la investigación de los gases raros. Descubrieron que los cinco gases raros ya conocidos no eran radiactivos, y confirmaron el hecho de que la emanación del radio, llamada más tarde radón, se parecía a los gases raros en su inactividad química. Su trabajo más importante fué la demostración de que el radón, al desintegrarse, producía helio, confirmando la opinión anticipada por Rutherford de que la presencia de helio en los minerales que contenían uranio y torio se debía al hecho de que aquel elemento era un producto del cambio radiactivo.

Para terminar la historia de los gases raros, debemos pasar al año 1909. Los trabajos de Ramsay y Soddy habían confirmado plenamente la sugestión de Rutherford de que el radón pertenecía al grupo de gases raros. Carecía de propiedades químicas, y quedaban por investigar sus propiedades físicas, especialmente su densidad, de la que podría deducirse su peso atómico y el mecanismo de su derivación del radio, que parecía poder ser representada por la ecuación:

$$Ra = Rd + He.$$

Entre 1909 y 1912, Ramsay y Whytlaw-Gray determinaron el peso atómico del radio, y la densidad, presión de vapor, volumen líquido y constantes críticas del radón. Ramsay describe la notable determinación de la densidad con las siguientes palabras: «El volumen del radón en equilibrio con un gramo de radio es de 0,6 mm^3, y Ramsay y Whytlaw-Gray tenían solamente 1/6 de dicha cantidad a su disposición. Se vió que su peso era 1/2000 mg, y, a fin de alcanzar una precisión razonable, la balanza debería registrar 1/200 parte de este peso, o sea, 1/100 000 de mg, operando con 1/500 000 de mg». Describe luego la balanza, que se hizo con varillas de sílice muy ligero, y explica al detalle su manera de operar. Cinco experimentos dieron, sobre el supuesto de que el radón fuese monoatómico, un valor medio de 223 para su peso atómico. Esto representa entre 3 y 4 unidades menos que el valor arrojado para el peso atómico del radio, confirmando la teoría formulada en la ecuación antes citada.

En los primeros años del siglo se advirtió que los átomos elementales consistían principalmente en electrones, o partículas de electricidad negativa. Nernst había sugerido que el proceso de la disociación de los iones en disolución implicaba — en el caso del cloruro de sodio por ejemplo — la transferencia de un electrón del átomo de sodio al átomo de cloro, resultando la carga positiva o negativa de la pérdida o la ganancia de un electrón. En sus discursos presidenciales ante la *Chemical Society* en 1908 y 1909, Ramsay expuso la opinión de que un electrón móvil podría constituir el mecanismo de la ligadura química, presintiendo la idea de que esta ligadura residía en la participación de pares de electrones.

Ramsay formuló también la idea de que «usando energía en forma enormemente concentrada, como la del radón, sería posible extraer electrones de los átomos en tal medida que se llegase a degradarlos, convirtiéndolos en átomos de menor peso atómico». No puedo seguir aquí a Ramsay en estas investigaciones e hipótesis, ni tratar de probar hasta qué punto sus predicciones resultaron justificadas — lo fueron realmente en gran medida — ni si fueron todas dignas del genio de Ramsay, ni en qué sentido los métodos experimentales a su disposición eran adecuados. Pero, al hablar de sus trabajos sobre el radón, debo mencionar sus investigaciones con la ayuda de fisiólogos y cirujanos sobre las aplicaciones del radón al tratamiento de ciertas enfermedades malignas. Su nombre no aparece apenas mencionado en la literatura referente a este punto; pero en su correspondencia puede verse la gran cantidad de tiempo y de meditaciones que dedicó a este trabajo en beneficio de la humanidad.

Un hombre de la calidad de Ramsay no puede por menos de tener críticos, ya que «el ultraje es un ingrediente esencial de toda verdadera gloria». Pero el principio a que trató de ajustar su conducta quedó por él resumido en dos palabras: «Sé bueno»; y sus amigos de todas las nacionalidades formaron legión.

Las bacterias lisógenas (II)

ANDRÉ LWOFF

Descripción de los estudios experimentales sobre la cinética de la producción de bacteriófagos en los cultivos en masa. Tratamiento por «choc» de cultivos de *B. megatherium* con radiación ultra-violeta, hallándose que se iniciaba el desarrollo del pro-bacteriófago en bacteriófago, con la consiguiente lisis bacteriana. Examen de la acción de los inductores químicos de la producción bacteriófaga y en particular del ácido tiomálico. Discusión de diversas hipótesis que explican el origen y naturaleza del pro-bacteriófago, favoreciéndose la doctrina de que se trata de un plasmagene mutado.

Para explicar la transformación de probacteriófagos en bacteriófagos se ha avanzado la hipótesis de que se trata de una mutación. Así, en toda población de *B. megatherium* se producirían una o más mutaciones que alterasen el equilibrio inestable bacteria-bacteriófago, iniciando la aparición de éstos. Es ésta una solución simplista que deja toda responsabilidad a los genes — indispensables moléculas gigantes organizadas sobre los cromosomas y cuya acción es específica —, los cuales se comportan a veces de una manera prevista, a veces sufren transformaciones de origen desconocido. Los genes ocasionan grandes dificultades al experimentador pues éste sólo puede modificarlos, de forma imprevista, por medio de una poderosa irradiación. Sin embargo, en algunos de los experimentos en microgota (*Endeavour*, **11**, 72, 1952), todas las bacterias se multiplicaban; mientras que en otros, todas o un porcentaje muy elevado se lisificaban. Tal tipo de observación había impuesto la decidida convicción de que la producción de bacteriófagos no depende de caprichos del gene sino de factores del medio, y era necesario dar una base experimental a dicha hipótesis, iniciándose así una larga serie de experimentos de micromanipulación; pero sólo produjeron resultados negativos. Decidimos entonces estudiar la cinética de la producción bacteriófaga en cultivos en masa, revelándose inmediatamente que dicha producción sufría variaciones considerables en el curso del desarrollo de una población.

Es aquí necesaria cierta digresión. Cuando los gérmenes microbianos se multiplican en un medio dado, éste se modifica continuamente. Ciertas substancias son absorbidas por las bacterias, otras son excretadas; la tensión oxigénica y el potencial de oxidación-reducción sufren importantes variaciones. Un medio constante no puede obtenerse sino mediante uno de los dispositivos descritos por J. Monod [2], en los que una continua adición de medio nuevo compensa exactamente el consumo por crecimiento bacteriano. En tales condiciones, la relación bacteriófagos/bacterias permanece apreciablemente constante y próxima a 1. Por el contrario, en las condiciones ordinarias de cultivo, en un tubo o en una probeta cónica, dicha relación varía entre 0,1 y 1 al principio del desarrollo; a veces la densidad óptica del cultivo desciende en un 30%, produciéndose la aparición de los bacteriófagos (un centenar de éstos por cada bacteria desaparecida). La relación bacteriófago/bacteria alcanza entonces un valor de 50 o más. Quedaba así sólidamente establecida la intervención de factores externos en la producción de los bacteriófagos. El paso siguiente era determinar dichos factores.

El descenso de la densidad óptica debido a la lisis bacteriana sólo se había observado en los cultivos que se habían multiplicado considerablemente, alcanzando una densidad de 1,5 a $2 \cdot 10^8$ bacterias por cm^3. Según nuestras observaciones se producía a continuación de un descenso en la velocidad de multiplicación, debido, directa o indirectamente, a la falta de oxígeno. Pero la sola disminución de la tensión oxigénica no es suficiente para inducir la lisis, ya que la adición de substancias reductoras no causaba tal efecto. Después de largos meses de investigaciones llegamos a la conclusión de que debían intervenir dos o más factores, entre los cuales había que incluir el potencial de oxidación-reducción y las modificaciones del medio causadas por la multiplicación de las bacterias mismas.

EL «CHOC» INDUCTOR

Decidimos pues irradiar con ultra-violeta un cultivo de *B. megatherium* en un medio-levadura, dividido en cuatro partes. La primera era el cultivo control; las otras tres sufrieron irradiaciones

de tiempo variable, observándose luego el crecimiento bacteriano por medio de un electrofotómetro. Durante 50 minutos, los cuatro grupos se comportaron idénticamente, pero al minuto 70 todas las bacterias irradiadas habían desaparecido ya mientras que las del cultivo control no se habían lisificado. Las subsiguientes titulaciones mostraron que cada bacteria lisificada había liberado unos cien bacteriófagos [1].

Dicha experiencia ha sido repetida varios millares de veces y en cada caso el cultivo continúa creciendo a velocidad reducida después de la irradiación, y la densidad óptica aumenta de dos a cuatro veces. La lisis se inicia hacia el minuto 45, desapareciendo la totalidad de las bacterias durante los veinte minutos siguientes y surgiendo en el medio los bacteriófagos.

Si las bacterias irradiadas se observan en una microgota se las ve dividirse o, al menos, producir una membrana divisoria. Las unidades de los filamentos así originados se lisifican con algunos minutos de intervalo y cada una de ellas libera un centenar de bacteriófagos. Es evidente, por tanto, que los bacteriófagos son producidos y liberados en la lisis por la totalidad de las bacterias.

Poseemos ahora por lo tanto un procedimiento para inducir la producción de los bacteriófagos en la totalidad de las bacterias de una población lisógena, esto es: la transformación del probacteriófago en bacteriófago. La irradiación ultravioleta tenía como fuente una lámpara de cuarzo a baja presión y alta tensión, cuyo 90% de energía es emitida a una longitud de onda de 2537Å, que corresponde al máximo de absorción de los ácidos nucleicos.

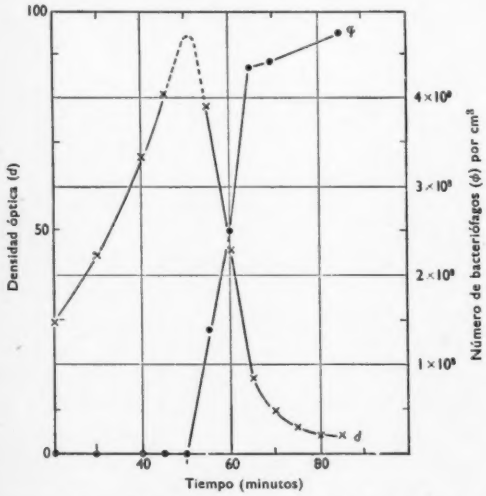


FIGURA 1 – *Relación entre la densidad óptica* (d) *y el número de bacteriófagos* (φ) *en un cultivo de* Bacillus megatherium *lisógeno irradiado con luz ultra-violeta.*

Pudiera suponerse que los agentes inductores actúan provocando la lisis de las bacterias y que éstas liberan así los bacteriófagos. Pero diversas razones se oponen a esta hipótesis: (1) la lisis por lisozima no libera bacteriófagos; (2) el *B. megatherium* es estrictamente aeróbico, en condiciones anaeróbicas se lisifica rápidamente sin liberar bacteriófagos; (3) las cepas no lisógenas irradiadas no se lisifican.

La irradiación ultra-violeta parece más bien funcionar provocando la transformación del probacteriófago en bacteriófago. La lisis bacteriana sería pues la consecuencia de dicho desarrollo.

EL PERIODO LATENTE

En un sistema ordinario — bacteriófago virulento + bacteria sensible — el período latente es el comprendido entre el momento en que el bacteriófago penetra en la bacteria y la lisificación de ésta, con la liberación de bacteriófagos. Dicho período se caracteriza esencialmente por la cesación de la multiplicación bacteriana correspondiente a la cesación de la síntesis por las bacterias de ácidos ribonucleico y desoxirribonucleico. Su respiración permanece constante, pero son incapaces de sintetizar enzimas y, en especial, las enzimas denominadas adaptativas. Tras un período latente de algunos minutos, el sistema comienza a producir ácido desoxirribonucleico, pero es un producto puramente bacteriofágico.

En un sistema lisógeno, el período latente es el comprendido entre el «choc» inductor y la lisis. Continúa la multiplicación microbiana pero a velocidad reducida y decreciente; la respiración aumenta; el ácido ribonucleico continúa sintetizándose; sigue siendo posible la adaptación enzimática. La cantidad de ácido desoxirribonucleico del sistema continúa constante durante la primera mitad del período latente, aumentando luego muy rápidamente hasta el instante de la lisis [3].

En un sistema ordinario todo sucede como si el bacteriófago utilizase en propio provecho la casi totalidad del metabolismo bacteriano; en un sistema lisógeno activo la competencia es evidentemente menos severa, lo cual puede demostrarse mediante el *Pseudomonas pyocyanea* lisógeno. La cantidad de glucosa suministrada a una bacteria por unidad de tiempo (régimen) es constante para un experimento dado, pero varía de un experimento a otro. Si existe un exceso de glucosa, la

multiplicación bacteriana después de la inducción continuará como en el caso de *B. megatherium*. Si se reduce el régimen, no habrá multiplicación bacteriana: la glucosa será consumida enteramente por el bacteriófago. Para que un *P. pyocyanea* se duplique necesita $2 \cdot 10^{10}$ moléculas de glucosa; para que produzca 100 bacteriófagos requiere $4 \cdot 10^{9}$ [4]. Con cualquier régimen, el bacteriófago se apodera de una cantidad fija de glucosa. El porcentaje de glucosa absorbida por el bacteriófago, comparado con el metabolismo bacteriano total, varía según el régimen entre 20 y 100. Se observa, en todo caso, que el bacteriófago de un sistema lisógeno es menos voraz, relativamente, que el de un sistema ordinario; pero entre ambos sistemas existe un punto común: después de la infección en el primero y de la inducción en el segundo, la síntesis del ácido desoxirribonucleico queda totalmente detenida. La persistencia de otras síntesis en las bacterias lisógenas da mayor significado a dicho fenómeno, que es, sin duda, el primer efecto de la transformación de probacteriófago en bacteriófago; pero el mecanismo causante de tal efecto nos es hasta ahora totalmente desconocido.

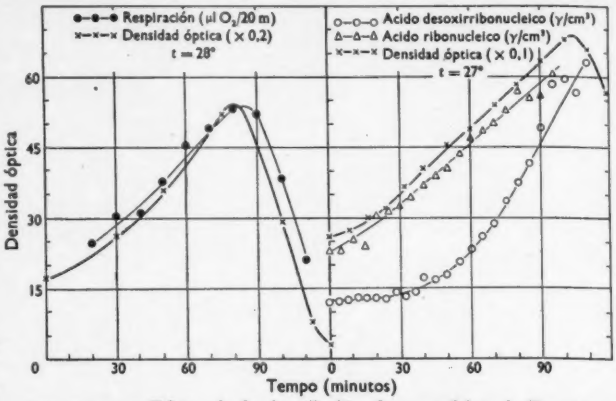


FIGURA 2 – *Efecto de la irradiación de un cultivo de* B. megatherium. *Se observará que la densidad óptica y la respiración (izquierda) aumentan paralelamente, lo mismo que el contenido de ácido ribonucleico. A 27° C, el contenido de ácido desoxirribonucleico permanece casi constante durante 30 minutos después de la irradiación.*

CONDICIONES DE LA EFICACIA DEL «CHOC»

La irradiación ultra-violeta de 125 ergs por mm² basta para inducir la producción de bacteriófagos en la totalidad de una población de *B. megatherium* que se multiplica, según la ley exponencial, en un medio de extracto de levadura. Para inducir las bacterias en un medio sintético a base de glucosa como sola substancia orgánica es necesaria una irradiación de 3000 ergs por mm². La adición de diversos amino-ácidos al medio sintético aumenta la sensibilidad a la irradiación. Si las bacterias han sufrido un ayuno orgánico el efecto de inducción no se produce. Las bacterias pueden por tanto presentarse en dos estados: de «aptitud» y de «inaptitud», con numerosos estados intermedios. Las condiciones fisiológicas determinan por consiguiente la inducción a la producción de bacteriófagos [5].

Sin embargo, no es suficiente que las bacterias aptas reciban la irradiación para que se produzcan los bacteriófagos. Así, las bacterias aptas inducidas producen bacteriófagos y se lisifican en un medio de extracto de levadura, pero se desarrollan normalmente si se las traslada a un medio de caldo peptónico. Si las bacterias aptas irradiadas, esto es: inducidas, sufren un ayuno orgánico durante 3 horas, se desarrollan normalmente después de la adición de substancias nutritivas, como si no se las hubiese irradiado. El cambio de medio y el ayuno pueden por tanto, en ciertas condiciones, contrarrestar el efecto inductor de la irradiación. Además, ciertas irradiaciones del espectro visible contrarrestan los efectos de inducción de los rayos u.v. y X.

La reacción de las bacterias a la irradiación u.v. y la subsecuente producción de bacteriófagos dependen por tanto de un complejo de condiciones, cuya realización depende a su vez, evidentemente, del metabolismo bacteriano anterior y posterior a la irradiación.

LOS INDUCTORES QUIMICOS

¿ Mediante qué mecanismo provoca la irradiación la producción de bacteriófagos ? La hipótesis más seductora era que el «choc» inductor actúa modificando el metabolismo bacteriano. Es sabido que los efectos mortales de la irradiación de una rata por rayos X se contrarrestan mediante la cisteina o el ácido tiomálico, que funcionan como agentes de reducción y suprimen los peróxidos producidos por la irradiación. ¿ Se encuentra ligado de idéntico modo el efecto inductor de los rayos X y u.v. sobre *B. megatherium* a fenómenos de oxidación ? ¿ Suprimirán los reductores dichos efectos ? Era preciso examinar el efecto de los agentes reductores a distintas concentraciones sobre las bacterias no irradiadas. Se inocularon por consiguiente bacterias en medios de extracto de levadura que contenían tiomalato de sodio a

diversas concentraciones. En algunos tubos, el crecimiento continuó a velocidad reducida durante 45 minutos: pero 20 minutos más tarde habían desaparecido todas las bacterias. La titulación demostró la presencia de 200 bacteriófagos por cada bacteria desaparecida. En ausencia de toda irradiación, el ácido tiomálico induce pues la producción de bacteriófagos [6], y portanto no suprime el efecto inductor de la irradiación.

Dicho efecto del ácido tiomálico no es específico: el ácido tioglicólico, el glutatión reducido y el ácido *l*-ascórbico producen idéntico efecto; el acido málico y el glutatión oxidado son inactivos. La actividad inductora no está por tanto relacionada con la presencia de grupos —SH, sino más bien con la propiedad reductora de las substancias.

LOS FACTORES DE LA INDUCCION QUIMICA

Sin embargo, sería grave error atribuir a los reductores un poder absoluto de inducción. La actividad inductora del ácido tiomálico sólo existe en ciertos medios dados: no en un medio sintético, en caldo o en gran número de medios peptónicos. Es más, todos los extractos de levadura de pan no resultan siempre «activados» por el acido tiomálico. Ello explica los resultados negativos en los primeros ensayos de inducción por medio de reductores. Pero todos los extractos resultan susceptibles de «activación» al madurar. Bajo ciertas condiciones, las mezclas de histamina y ácido tiomálico son activas, aunque dichas substancias separadas no lo son. Nos encontramos pues ante una situación muy compleja; la identificación de los factores químicos de la inducción y su mecanismo no son hoy sino un mero bosquejo.

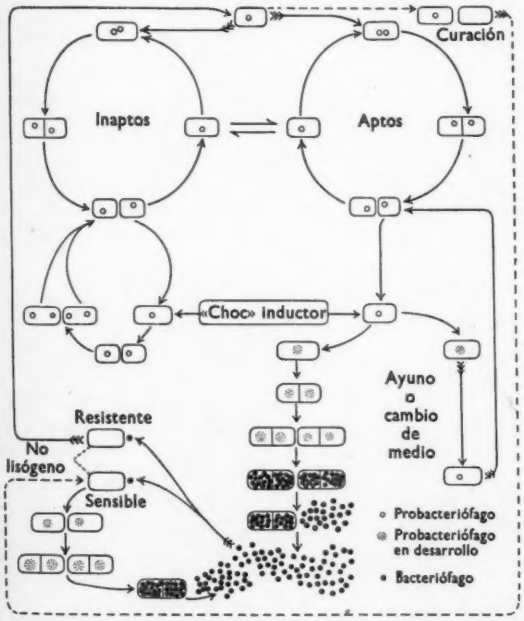


FIGURA 3 – *El ciclo probacteriófago/bacteriófago en* B. megatherium. *Para simplificar el esquema sólo se representa un probacteriófago por cada bacteria. (Según Lwoff, Siminovitch y Kjeldgaard.)*

HIPOTESIS Y DISCUSION

En el interior de las bacterias lisógenas existen una o varias partículas específicas dotadas de continuidad genética. Ignoramos su número y naturaleza. Según ciertas doctrinas actuales, se trataría de moléculas de ácido desoxirribonucleico. Dichas partículas — los probacteriófagos — se multiplican sin dañar a la bacteria, es decir: sin que podamos percibir una acción nociva. La asociación bacteria-probacteriófago puede durar mucho tiempo; quizás exista desde hace millones o cientos de millones de años.

¿ Qué origen y significación tiene el probacteriófago ? Dentro del desarrollo del bacteriófago parece ser ontogenéticamente primitivo. Es muy tentador considerar favorablemente la idea de que representa una forma filogenéticamente primitiva del bacteriófago. Si dicha hipótesis es correcta, el probacteriófago, al no ser infectivo, ha debido originarse dentro de la bacteria misma como resultado de la mutación de ciertos plasmagenes. Si la hipótesis es falsa, el probacteriófago es secundario filogenéticamente y se deriva de un bacteriófago. Pero entonces, ¿ qué origen tiene este último ? O bien ha nacido en un bacilo distinto de *B. megatherium* (en cuyo caso nos encontramos otra vez en la primera hipótesis), o bien se ha originado por atrofía de un organismo parásito de *B. megatherium*, lo que parece poco probable pues aparte del bacteriófago mismo no se conoce otro parásito bacteriano. Nos inclinamos por tanto hacia la primera hipótesis, según la cual el probacteriófago es un plasmagene mutado; desde el punto de vista filogenético sería pues una partícula endógena.

En una cepa lisógena artificial obtenida mediante la infección de bacterias y la selección de los gérmenes resistentes, el probacteriófago es extrínseco puesto que ha sido introducido desde el exterior. No es sin embargo exógeno, sino endógeno, pues el bacteriófago del que se deriva se ha originado en el interior de una bacteria. Es ésta una distinción que no debemos olvidar al tratar del origen de los virus.

El probacteriófago, ¿ es un virus ? Es una partícula dotada de continuidad genética que no puede multiplicarse sino en el interior de una bacteria específica, pero no es ni patógeno ni infeccioso. Se comporta como una partícula normal que en ciertas condiciones se transforma en un virus. Es pues el germen de un virus y no posee, sino en estado latente y potencial, ninguna de las características más notables de un virus. Sin embargo, se halla muy próximo al virus, puesto que se transforma fácilmente en bacteriófago; se halla en la frontera misma de la noción de virus: se le puede considerar como la fase «no-virus» del ciclo de un plasmagene o del ciclo de un virus.

El equilibrio de un sistema lisógeno es inestable. La estabilidad varía de una especie lisógena a otra, y dentro de una misma especie de una cepa a otra. Aunque la fisiología comparada de los sistemas lisógenos está apenas iniciada, ya ha producido resultados importantes que sería demasiado largo discutir aquí; afirmemos simplemente que los sistemas lisógenos son numerosos y que representan probablemente la forma primaria de la perpetuación de los bacteriófagos. Añadamos que los factores que regulan el equilibrio de las diversas especies o cepas lisógenas parecen ser muy variables. Como quiera que sea, el esquema suministrado por el estudio de *B. megatherium* (Fig. 3) representa un modelo de un sistema lisógeno.

El problema más importante y difícil que plantean los sistemas lisógenos es el del mecanismo del funcionamiento de los inductores. Simplifica la discusión del problema el hecho de que desconozcamos totalmente la arquitectura de las macromoléculas, los factores que determinan su especificidad y casi todo el mecanismo de su biosíntesis. Es difícil, sin embargo, evitar la conclusión de que la síntesis de cada una de dichas moléculas representa una serie de reacciones específicas en las cuales intervienen necesariamente substancias específicas que, a su vez, han sido formadas y movilizadas por otras moléculas específicas activas.

Se puede considerar que la radiación o los agentes reductores modifican el metabolismo bacteriano de manera que se produce la síntesis de una substancia que no estaba presente antes, o bien dicha substancia se hace disponible como resultado de una perturbación en el metabolismo normal. Esa substancia hipotética sería el agente específico que induce o que inicia la reacción probacteriófago → bacteriófago, lo mismo que en el curso de la adaptación enzimática la molécula de galactósido induce la reacción precursor → β-galactosidasa [7]. Hay cepas lisógenas que resisten a nuestros medios actuales de inducción y en las que no se puede aumentar la producción espontánea de bacteriófagos. Pero es posible imaginar que las bacterias que producen bacteriófagos son mutantes.

CONCLUSION

Cualquiera que sea la realidad de tales hipótesis, queda un hecho firme como base de toda especulación: en los sistemas lisógenos, el desarrollo y diferenciación de los probacteriófagos en bacteriófagos están determinados por factores externos.

Es sabido que los problemas que plantea la existencia de diferentes fases en la vida de un virus no son exclusivos de los bacteriófagos. También otros virus parásitos de los animales, como el de la encefalomielitis y de la grippe, presentan fases no infecciosas. Asimismo se sabe que el virus del papiloma de Shope se puede multiplicar bajo la forma llamada «enmascarada» [8].

Finalmente, el hecho de que un cambio metabólico pueda inducir a una partícula no patógena a ejercer una acción nociva nos conduce naturalmente al problema del mecanismo de acción de ciertos antibióticos. Estos pueden tener, además de su actividad contra las especies foráneas, un significado fisiológico para el organismo que los produce. No es posible rechazar *a priori* la hipótesis de que los antibióticos inducen la síntesis de ciertas proteínas específicas. También podemos preguntarnos si no atacarán a las bacterias sensibles induciendo el desarrollo excesivo o anormal de una partícula, desarrollo que puede tener el mismo carácter patógeno que el desarrollo del probacteriófago en bacteriófago.

REFERENCIAS

[1] Lwoff, A., Siminovitch, L. y Kjeldgaard, N. *Ann. Inst. Pasteur*, **79**, 815, 1950.
[2] Monod, J. *Ibid.*, **79**, 390, 1950.
[3] Siminovitch, L. y Rapkine, S. *C.R. Acad. Sci., Paris*, **232**, 1603, 1951.
[4] Jacob, F. *Ibid.*, **232**, 1605, 1951.
[5] Lwoff, A. *Ann. Inst. Pasteur.* (En prensa.)
[6] Lwoff A. y Siminovitch, L. *C.R. Acad. Sci., Paris*, **232**, 1146, 1951; *Ann. Inst. Pasteur.* (En prensa.)
[7] Cohn, M. y Torriani, A. M. *C.R. Acad. Sci., Paris*, **232**, 115, 1951.
[8] Shope, R. E. «Viruses 1950» (pág. 79). California Institute of Technology, Pasadena. 1950.

Recientes investigaciones biológicas en el Mar Rojo

N. B. MARSHALL

Breve descripción de la historia y estructura geológica del Mar Rojo y de las desusadas condiciones físicas y biológicas en él prevalentes. Su elevada salinidad se debe al gran exceso de evaporación sobre la precipitación; descripción de los notables cambios estacionales en la temperatura superficial y dirección de las corrientes y de las temperaturas profundas anormalmente elevadas. Tales condiciones han causado la evolución de especies ictiológicas características y definidas.

Desde un punto de vista zoogeográfico, el Mar Rojo forma parte del conjunto de regiones de fauna tropical que se extiende desde el NO del Océano Indico hasta las más apartadas islas polinésicas del Pacífico. La oceanografía física define con mayor precisión dicho mar considerándolo como una cuenca casi cerrada que desborda el umbral o dique natural sumergido; la geología submarina lo relaciona con el sistema del Valle de Rift y el fondo del Océano Indico. Todos estos aspectos deben entrar en el estudio de la evolución de la fauna ictiológica de dicho mar. Hoy es posible intentar dicho estudio gracias a la generosidad con que el Major H. W. Hall ha venido prestando su yate *Manihine* a la Sección de Historia Natural del *British Museum* para estas investigaciones marinas. Ya en otro artículo hemos hecho una reseña de estos trabajos [1].

La elección del Mar Rojo para dichos estudios biológicos era natural. Los trabajos anteriores de las expediciones del *Pola* (1897), *Ammiraglio Magnaghi* (1923–4) y *Mahabiss* (Expedición John Murray, 1933–4) habían sido predominantemente hidrológicos, quedando el estudio biológico de dicha zona casi enteramente por abordar. Por ejemplo, el único trabajo extenso sobre la fauna ictiológica era el de Klunzinger (1870–1) [2].

El *Manihine* ha realizado ya dos exploraciones biológicas del Mar Rojo, la primera en el Golfo de Aqaba durante el invierno de 1948–9, obteniéndose entonces diversas observaciones hidrológicas; la segunda, en la zona sudanesa del Mar Rojo durante el invierno de 1950–1. En ambas ocasiones tuvimos el honor de colaborar con el Major Hall y su patrón, Thomas Hargreaves, en la colección de especímenes marinos y observaciones prácticas, cada día más necesarias para la comprensión de la naturaleza de las especies animales, observaciones éstas que muy pronto han de ser indispensables.

No es ésta la ocasión de tratar de la técnica de la colección de organismos marinos en aguas abundantes en extensos arrecifes de coral, pero sí debemos decir que los métodos propios del Mar del Norte, por ejemplo, rara vez son aplicables en el Mar Rojo. La rastra y la draga deben usarse con mucho cuidado pues pronto quedan destrozadas en las cortantes masas coralinas; y cuando se utilizan sobre fondos libres de coral, la pesca es muy pobre y poco representativa de la fauna invertebrada e ictiológica. La mayor parte de dicha fauna parece hallarse relacionada con las formaciones coralinas de las cuales depende directa o indirectamente. A su vez, los arrecifes sólo crecen vigorosamente, como Yonge ha señalado [3], en aguas bien iluminadas y generalmente a profundidades de menos de 50 metros, y aun en las más someras el desarrollo es muy limitado si las aguas son algo turbias. Los pescadores árabes y sudaneses conocen muy bien la relación entre coral y peces y dicen que «donde no hay roca no hay pez».

Los informes de los trabajos en el Golfo de Aqaba se encuentran en la actualidad en prensa y los estudios de las colecciones ictiológicas de las aguas sudanesas están suficientemente avanzados para hacer posible la discusión de la historia evolutiva de dicha fauna. Sin embargo, sería aventurado y anticientífico pretender llegar a conclusiones firmes en el momento presente.

Debemos, en primer lugar, considerar la historia geológica y decir que el Mar Rojo es un mar relativamente joven que se formó como resultado de una falla en los estratos eocénicos; la depresión se llenó de agua procedente del Mar de Tetis que se encontraba al norte. Más tarde, la comunicación

con este mar parece haberse interrumpido, pues el Mar Rojo quedó sometido, con toda probabilidad durante el período miocénico, a una intensa evaporación que dió lugar a la considerable deposición de rocas salinas. Casi con toda seguridad, este cambio a condiciones de hipersalinidad produjo la desaparición de toda o de la mayor parte de la fauna marina. La comunicación entre el Mar Rojo y el Océano Indico parece haberse establecido durante la segunda mitad del Plioceno; las invasiones de peces del Océano Indico deben de haberse producido durante ese período.

Esta es la historia geológica generalmente aceptada del Mar Rojo, pero aún hay otra posibilidad. Sewell ha sugerido [4] que el descenso del nivel oceánico, resultado de la formación de los casquetes de hielo durante el Pleistoceno, pudo haber dejado en seco el umbral poco profundo del extremo meridional del Mar Rojo (la profundidad máxima de esta región es hoy de unos 100 metros), concluyendo que la emergencia del umbral debe haber convertido el Mar Rojo en un lago salado y que, debido al gran exceso de evaporación sobre la precipitación, las aguas adquirieron muy elevada salinidad, con lo que quedó extinta la fauna marina. Más tarde, hacia el final del período glacial, los casquetes polares comenzaron a retroceder, el nivel del mar se elevó, y el Mar Rojo quedó otra vez unido al Océano Indico, produciéndose una segunda y definitiva invasión de peces desde éste.

Debemos considerar ahora los datos biológicos sobre este fondo geológico. De las 113 especies de peces recogidas en el Golfo de Aqaba, un 15% de ellas son desconocidas hasta el día en otras aguas. En las aguas sudanesas se ha recogido más del doble de dicho número de especies, de las que se han estudiado unas 80. De ésas, seis resultaron ser especies nuevas, y cinco son conocidas, pero limitadas al Mar Rojo. Aunque debemos admitir la posibilidad de que algunas de esas especies puedan tal vez encontrarse en otros lugares, parece que al menos el 15% esté limitado al Mar Rojo. Además, es interesante notar que ahora comienza a comprobarse que las anteriores investigaciones ictiológicas de los océanos Indico y Pacífico han confundido algunas veces especies o «formas» claramente indo-pacíficas con especies descritas originariamente como pertenecientes a colecciones del Mar Rojo. Muchos peces que antes se consideraban idénticos resultan ahora pertenecer a un complejo de especies distintas. Quizás esto sea el natural resultado del mayor interés que hoy se da a las características morfológicas y al uso de dibujos-patrones de color, junto con detalladas observaciones sobre el terreno. Es por tanto razonable concluir que no sólo tiene la distribución de la fauna ictiológica del Mar Rojo un interés más que ordinario, sino también que los sucesivos estudios servirán para probar que dicho mar es mucho más que una simple sub-región marina del Océano Indico que sólo contiene variedades de la fauna indo-pacífica.

Aún no sabemos cuántas especies son comunes al Mar Rojo, al Océano Indico y al Pacífico, debido a que el antiguo concepto de especie morfológica comienza a ser substituído por el de especie biológica. Sin embargo, no es nuestro propósito tratar ahora dicho problema, sino más bien estudiar cómo se han producido las especies características del Mar Rojo.

Existen dos posibilidades. En primer lugar, pueden haber evolucionado a partir de las especies que invadieron el Mar Rojo desde el Océano Indico; en segundo, pueden ser descendientes de las especies que en el pasado eran comunes a ambas áreas marítimas.

En el segundo caso, parece improbable que un gran número de especies, hoy de distribución local, hayan podido sobrevivir en el Mar Rojo mientras que las razas ancestrales del Océano Indico han perecido totalmente. Después de la comunicación entre ambos mares durante el período pliocénico, las aguas que fluyeron hacia el Mar Rojo debieron sufrir ciertos cambios físico-químicos. Gradualmente se fueron estableciendo las características hidrológicas que hoy diferencian a dicho mar del Océano Indico: su más elevada temperatura estival, sus condiciones isotérmicas y su más alta salinidad. Puede arguirse que dichos cambios hubieran debido producir la extinción de las especies que se hallaban estrechamente adaptadas a las condiciones en el Océano Indico, y no favorecer su sobrevivencia. En otras palabras, parece poco probable que esas especies invasoras se encontrasen pre-adaptadas a las condiciones del Mar Rojo. No afirmamos que no existan especies relictas en el Mar Rojo; pero sí que es improbable que todas las especies de distribución local pertenezcan a tal categoría.

Si ciertas especies han evolucionado en el Mar Rojo, es casi cierto que se trata de razas que quedaron aisladas del tronco ancestral del Océano Indico. Mayr [5] ha presentado un lúcido análisis de la relación entre el aislamiento y la formación de nuevas especies y subespecies, mostrando que los factores de aislamiento se hallan estrechamente relacionados con el cambio evolutivo. Esto no

FIGURA 1 – *El yate* Manihine *en Aqaba.*

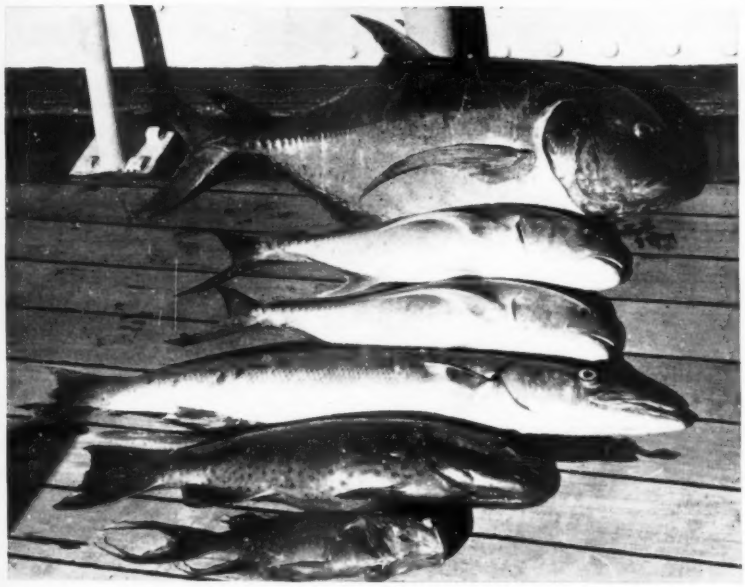


FIGURA 2 – *Ejemplares pescados a la rastra cerca del límite de los arrecifes coralinos. Los tres superiores son especímenes de* Caranx sexfasciatus, *los siguientes son un barracuta* (Sphyraena picuda) *y dos garupas; el menor es un* Variola louti. *El pez superior mide un metro de largo.*

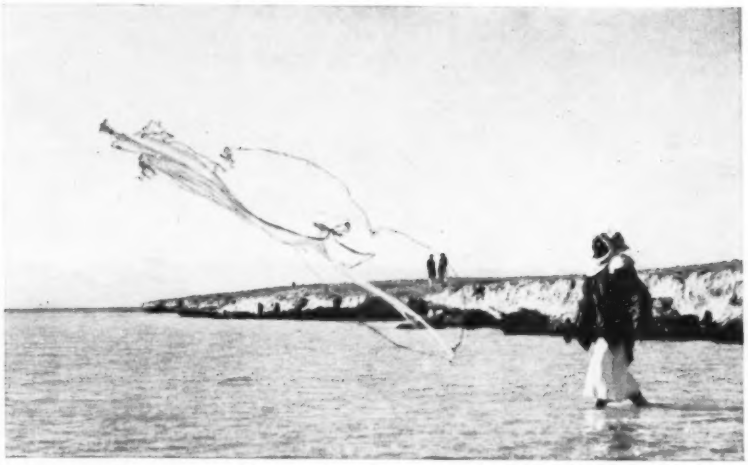


FIGURA 3 – *Redwan, jefe de los pescadores de Aqaba, lanzando la red. Este método de pesca es muy común en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo.*

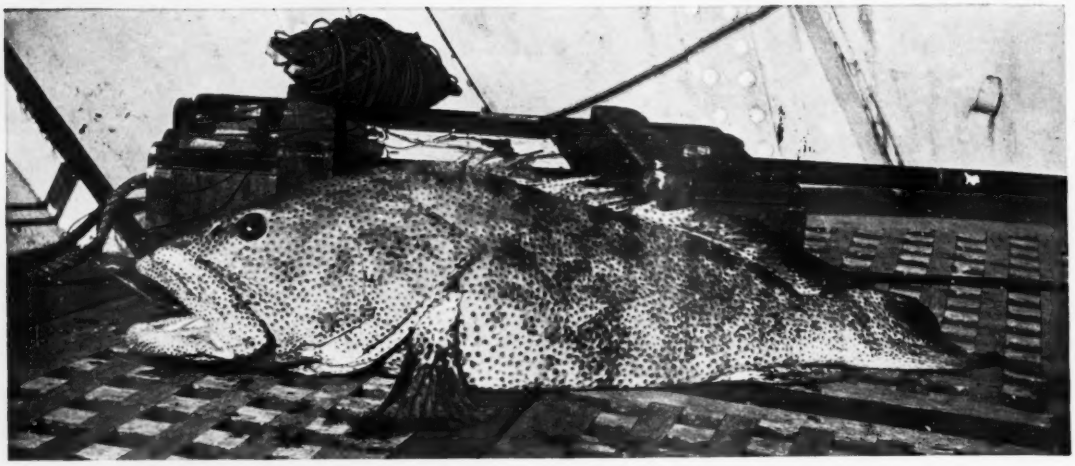
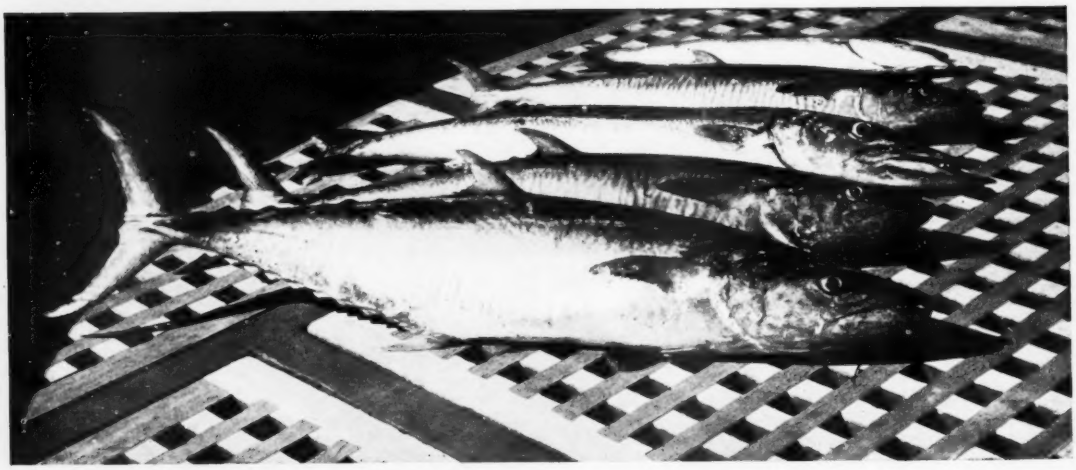


FIGURA 4 – *Garupa* (Epinephelus fuscoguttatus) *pescado con caña cerca de un arrecife de coral.*

FIGURA 5 – *Variedad de raya* (Dasyatis uarnak) *de* 1,20 *m de longitud.*

FIGURA 6 – *Los peces de presa de mayor tamaño merodean cerca del borde de los arrecifes. Los dos más cercanos a la cámara son ejemplares de* Scomberomorus commerson (*el primero mide* 1,05 *m*), *el que le sigue es un barracuta* (Sphyraena picuda).
(*Fotografías del Major H. W. Hall*)



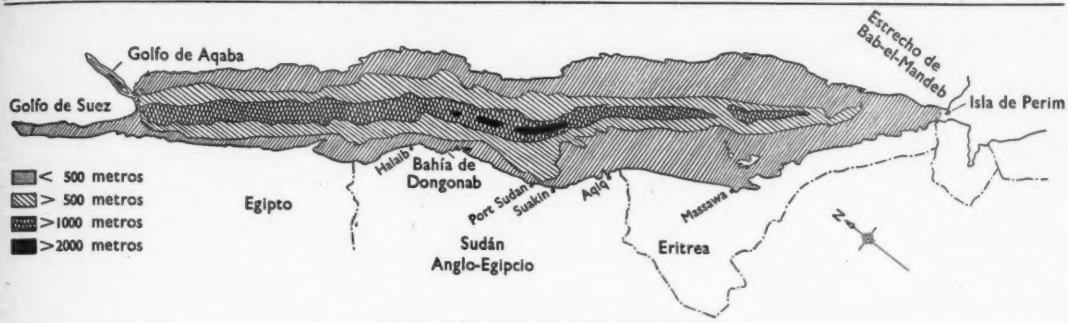


FIGURE 7 – *Mapa batimétrico del Mar Rojo.*

supone afirmar que una parte aislada de una especie tenga necesariamente que disvolucionar del tronco originario, sino simplemente observar que el fenómeno se produce algunas veces. Aún desconocemos por qué ciertas especies permanecen estables mientras otras sufren rápidos cambios.

El Mar Rojo es una cuenca larga y profunda (profundidad máxima: 2000 metros) unida al Golfo de Adén por el estrecho de Bab-el-Mandeb. Justo dentro del estrecho, el fondo del mar se eleva abruptamente formando un umbral con una profundidad máxima de 100 metros (Figs. 7 y 8); apenas puede decirse que este umbral constituya una barrera para la entrada de los peces, pero su efecto sobre la hidrología general del Mar Rojo puede ser importante.

Dicho mar se halla enclavado en un área cálida y árida en la que de mayo a septiembre prevalecen los vientos del NNO, mientras que al sur de la latitud 22° N los vientos del SSE soplan desde octubre hasta abril. Estas características físicas pueden determinar su hidrología. La evaporación se produce en gran exceso sobre la precipitación, lo que explica la elevada salinidad, que alcanza a un 4,1% en la región norte del Mar Rojo, mientras que la temperatura superficial puede llegar en el verano hasta 30° C. Sin embargo, en el invierno la temperatura superficial de dicha zona puede descender hasta 18° C. Es más, este marcado enfriamiento invernal, acompañado de la intensa evaporación causa la formación de masas de agua profunda (que llenan la cuenca del Mar Rojo por debajo de la profundidad del umbral) con una salinidad de un 4,1% y una temperatura entre 21,5 y 22° C. La gran diferencia entre la temperatura sub-superficial del Mar Rojo y del Océano Indico puede observarse en la Tabla siguiente, tomada del estudio de Ekman [6].

Por último, debido a los vientos dominantes, las corrientes de la superficie fluyen hacia el Mar Rojo desde noviembre a marzo y hacia el Golfo de Adén de junio a septiembre.

Volviendo a la consideración de los posibles factores de aislamiento, debemos señalar que en la entrada del Mar Rojo desde el Golfo de Adén, la salinidad se eleva desde un 3,6% a un 3,8%, creciendo gradualmente hacia el norte hasta alcanzar 4,1% (Fig. 8). La temperatura de la superficie puede elevarse aún más abruptamente, como puede observarse si comparamos la temperatura cerca de la Isla de Perim, justo fuera del umbral, con la de las aguas meridionales del Mar Rojo.[1] Desde enero a junio éstas son más calientes que las de Perim en 0,5 a 2,7° C, y de julio a septiembre la diferencia alcanza de 6 a 7° C, disminuyendo hasta 1 a 3° C de octubre a diciembre. Los experimentos han probado que los peces pueden percibir una diferencia de temperatura de 0,2° C, y hay evidentes pruebas de que los cambios de la temperatura marina en el tiempo y en el espacio pueden influir en los movimientos de la población ictiológica y limitar rígidamente su distribución.

Profundidad (metros)	*Temperaturas (° C)*	
	Mar Rojo	*Océano Indico (Región de las Maldivas)*
0	25–29	28–29
200	21–25	13–15
400	21–22	10,2–11
600	21,4–21,8	9
800	21,5	7,5–8
1000	21,5	6–7
1500	21,5	4
2000	21,5	2,5–3

Aún no se conoce si la diferencia entre las aguas del Mar Rojo y las del Golfo de Adén limita realmente el movimiento de dichas poblaciones; sólo podría averiguarse mediante un estudio detallado

[1] Datos suministrados por cortesía del Lt.-Col. R. B. Seymour Sewell.

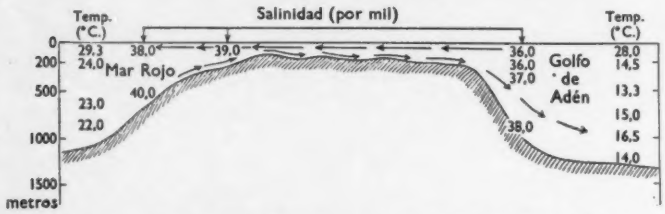


FIGURA 8 – *Sección del umbral de la entrada meridional al Mar Rojo, con las diferencias de temperatura y salinidad en ambos lados. Nótese asimismo la dirección de la corriente superficial (noviembre a marzo) hacia el norte y la opuesta de la corriente sub-superficial.* (*Según* SCHOTT, G. Geographie des Indischen und Stillen Ozeans. *Hamburgo*, 1935.)

de ambas faunas. Sin embargo, existen grandes depósitos de conchas pteropódicas en el fondo del mar dentro del umbral, y Stubbings [7] ha sugerido que dichos moluscos planctónicos mueren al encontrar las aguas más cálidas y salinas del Mar Rojo, formando con sus conchas los depósitos indicados. Sewell [4] ha señalado que muchos de los copépodos planctónicos libres ampliamente distribuídos por el área indo-pacífica no han podido establecerse en el Mar Rojo debido a los repentinos cambios de temperatura y salinidad. Y lo que parece aplicable a tales organismos puede serlo también a los peces.

La temperatura tiene todavía otro efecto sobre la época de desove de los peces; parece que cualquiera que sean las demás condiciones precisas, muchas especies sólo liberan los huevos y esperma dentro de límites muy reducidos de la temperatura del agua. Si cierta especie tiene diferentes épocas de desove en el Mar Rojo y en el Golfo de Adén, no se producirá un intercambio genético entre ambas poblaciones y después de algún tiempo el aislamiento puede haber producido una diferenciación en los complejos de los genes. Las pescas realizadas en el *Manihine* han demostrado que numerosas especies del Mar Rojo desovan durante el invierno, pero hasta ahora se desconocen las condiciones del desove en el Golfo de Adén. Evidentemente son precisos datos más completos.

No parece aventurado concluir que las diferencias físicas entre las masas de agua del Golfo de Adén y del Mar Rojo pueden formar una barrera al intercambio genético, directa o indirectamente. Por último, debemos mencionar que los hábitos de los peces mismos pueden formar otro factor; las especies menores, que dependen para su sustento de los corales, son sedentarias y más propensas a los cambios evolutivos que las especies mayores, los peces pelágicos y de fondo, de mayor capacidad natatoria.

Estos y otros problemas semejantes sólo pueden resolverse mediante el continuo estudio de la biología y oceanografía física de las cuencas marítimas. No hay duda de que muchas de ellas contienen gran proporción de especies confinadas localmente, por ejemplo, el Golfo de California contiene ciertas especies profundas que no se han encontrado en ninguna otra parte; lo mismo sucede con ciertas especies de camarones penaeídeos y anémonas marinas asociados con los flotantes sargazos. El Mar de Sulú, cuenca en parte cerrada al NE de Borneo y O de Mindanao posee características hidrológicas notables y contiene numerosas especies de peces macrúridos que no se han pescado en otras aguas. Hubbs [8] ha observado que «dichas aguas, de temperaturas excepcionalmente elevadas a grandes profundidades, contienen una gran proporción de especies características y distintas, que son el producto de la evolución en una región de peculiares condiciones ambientales. El aislamiento más o menos completo en este mar casi cerrado ha ayudado o apresurado dicha evolución.» Será interesante saber si las investigaciones del barco danés *Galathea*, que en la actualidad se halla en esa región, aportarán datos que cambien tales doctrinas. Aunque el estudio de la evolución terrestre y del agua dulce ha progresado bastante, aún conocemos muy poco con respecto a la fauna marítima, y serán necesarias sucesivas investigaciones oceanográficas para que podamos ampliar nuestros conocimientos de dichos problemas.

REFERENCIAS

[1] MARSHALL, N. B. *Nature*, **166**, 763, 1950.

[2] KLUNZINGER, C. B. *Verh. zool.-bot. Ges. Wien*, **20**, 669, 1870.
Idem. Ibid., **21**, 441, 1871.

[3] YONGE, C. M. *Endeavour*, **10**, 136, 1951.

[4] SEWELL, R. B. S. *John Murray Expedition* 1933–4, *Sci. Rep.*, **8**, 317, 1948.

[5] MAYR, E. «Systematics and the Origin of Species», Columbia University Press, Nueva York, 1942.

[6] EKMAN, S. «Tiergeographie des Meeres», Akademische Verlagsgesellschaft m.b.H., Leipzig, 1935.

[7] STUBBINGS, H. G. *John Murray Expedition* 1933–4, *Sci. Rep.*, **3**, (2), 159, 1939.

[8] HUBBS, C. L. *Proc. Fourth Pacif. Sci. Congr.*, Java (1929), 1930.

Los filtros de interferencia aplicados a la óptica

K. M. GREENLAND

Los filtros de interferencia consisten por lo general de una pila de finas películas depositadas sobre una superficie soporte; la forma de la curva de transmisión espectral y su posición en la escala de longitudes de onda están determinadas por el número, orden de deposición y grosor de las películas. Descripción de la construcción, características ópticas y limitaciones de varios aparatos. Indicación de sus aplicaciones ópticas y descripción de un reciente filtro no absorbente que transmite la luz pero refleja el calor.

PRINCIPIOS GENERALES

Todos los filtros de interferencia (excepto el de birrefringencia de Lyot) consisten en una superposición de delgadas películas depositadas sobre una superficie soporte, generalmente de vidrio. Cualquier absorción de luz por las películas no tiene efecto ninguno en la acción de tales filtros. Las películas sirven solamente para proporcionar superficies parcialmente reflectoras separadas por distancias adecuadas; los sistemas de interferencia de las ondas producidos por las múltiples reflexiones entre tales superficies son los que determinan las propiedades ópticas de los filtros. En el filtro de Lyot la interferencia se induce mediante cristales birrefringentes y polarizadores.

Excepto por la detallada ampliación de las ecuaciones de Maxwell, resulta imposible describir la interferencia en las películas delgadas según una base física satisfactoria. Baste decir que la radiación reflejada por cada superficie de una película simple hacia la cara opuesta altera el factor de transmisión de esta última, según un valor determinado por el retardo de fase del tren de ondas reflejado. Este retardo se debe al doble camino a través de la película y a cambios de fase con la reflexión. El factor de transmisión de un conjunto de películas depende pues de los retardos de fase relativos producidos por cada película. La propiedad de la discriminación cromática es inherente a todos los filtros de interferencia, ya que el retraso de fase está determinado principalmente por la razón del espesor de la película a la longitud de onda.

Las películas componentes pueden ser de materiales transparentes de índices de refracción diversos; en estos filtros totalmente dieléctricos la reflexión a las caras límites de las películas se debe a la discontinuidad del índice de refracción. Las películas metálicas semitransparentes separadas por películas dieléctricas transparentes se emplean cuando se precisan caras de separación de poder de reflexión más alto, y cuando puede tolerarse la pérdida de luz por absorción en el metal. Por regla general, las combinaciones más simples de las películas transparentes proporcionan curvas de transmisión espectral con amplios máximos y mínimos, pero un número mayor de películas o superficies de poder de reflexión más elevado aumenta la dependencia entre la transmisión y la longitud de onda, por intensificación del sistema de interferencia, haciendo así el filtro más selectivo.

La substancia de las películas, su número, orden de deposición y espesor determinan la forma de la curva espectral y su posición en la escala de longitudes de onda.

Las substancias de las películas deben prestarse naturalmente a una deposición controlable. El método casi universal de deposición es la volatilización en un alto vacío; se puede depositar una gran variedad de substancias según este método en películas de espesor extremadamente uniforme [1–4]. Si una substancia apropiada se calienta hasta su temperatura de evaporación en el vacío (presión menor de $1 \cdot 10^{-4}$ mm de mercurio) se volatiliza y se proyecta a través del espacio casi enteramente sin difusión. Se condensa sobre cualquier superficie fría que encuentre y forma una película con un espesor tan uniforme como lo permiten la geometría de la superficie y del evaporador. Es esencial que la deposición tenga espesor exacto; para las películas transparentes el color de interferencia visto por reflexión puede emplearse como calibrador, ya que está sensiblemente relacionado con el espesor, pero las películas metálicas deben ser controladas fotométrica o eléctricamente.

CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS DEL FILTRO

Las propiedades ópticas de una sola película delgada están tratadas en los trabajos de óptica clásicos pero el tratamiento matemático se hace sumamente complicado al aplicarlo a las películas de capas múltiples.

Recientemente se han realizado grandes progresos en los métodos para calcular los factores de transmisión y reflexión de los filtros de capas múltiples, especialmente en la derivación de expresiones generales para cualquier número de capas [5]. El punto de partida puede consistir en una aplicación de las ecuaciones de Maxwell para el campo electromagnético [6–8], o la derivación de una fórmula de recurrencia partiendo de la expresión para la adición de reflexiones múltiples dentro de una capa única [9,10]. Una tercera base de cálculo es la analogía entre las impedancias eléctrica y óptica [11]. Todos estos son métodos rigurosos, pero frecuentemente no se requiere una expresión precisa para la curva de transmisión (lo que no está justificado si las constantes ópticas de las películas no son exactamente conocidas). Para cálculos aproximados resulta adecuado el método gráfico [12].

FILTROS TOTALMENTE DIELECTRICOS Y SEPARADORES DE HACES

Los filtros de interferencia de transmisión son, en efecto, separadores del haz incidente. Los filtros que no tienen ninguna película metálica reflejan toda la radiación (en su gama útil) que no se transmite. Si el filtro es notablemente selectivo de color y el haz incidente blanco, los colores de los haces reflejado y transmitido serán verdaderamente complementarios. Esto puede demostrarse elegantemente desviando ambos haces sobre una pantalla blanca de manera que iluminen áreas superpuestas: los colores superpuestos se recombinan y producen nuevamente blanco.

Una simple película de sulfuro de zinc depositada sobre vidrio y que posea un espesor óptico (espesor geométrico × índice de refracción) igual a un cuarto de la longitud de onda típica de la luz amarillo-verdosa, tiene un poder de reflexión del 30% y una transmisión del 70% para la luz blanca [13, 14]. Aunque el elevado poder de reflexión de esta película se debe a un efecto de interferencia máximo, en términos de longitud de onda es un máximo amplio, de forma que la coloración de los haces reflejado y transmitido es apenas apreciable a simple vista: la película es prácticamente un filtro neutro (Fig. 1). Como separador de haces, la película de cuarto de onda de índice elevado se usa en el iluminador vertical de los microscopios metalúrgicos [15]. La película de cuarto de onda de reducido índice de refracción es la película anti-reflectora común.

Se alcanza un mayor nivel de progreso construyendo películas de capas múltiples con materiales de alternados índices de refracción altos y bajos, por ejemplo: sulfuro de zinc y fluoruro de magnesio. Así, un separador de haces de tres o cuatro capas proporciona un elevado poder de reflexión para una determinada longitud de onda (Fig. 2), o haces transmitidos y reflejados de colores complementarios (Fig. 3) [14, 16].

Al aumentar el número de capas es posible naturalmente conseguir una amplia variedad de características de transmisión, desde filtros de agudos contrastes hasta filtros neutros que transmiten y reflejan haces de igual intensidad sin pérdida de luz. Los filtros neutros se fabrican ahora comercialmente; una disposición de películas que dan un resultado muy cercano al separador de haces simétrico, aparece en la Fig. 4. Un inconveniente de tal dispositivo es que el haz transmitido y el reflejado están parcialmente polarizados. Puede construirse de esta forma un filtro completamente polarizador [16, 17].

Un progreso reciente en los filtros no absorbentes consiste en los filtros para transmitir la luz blanca y reflejar el calor. Estos filtros tienen la ventaja sobre los filtros absorbentes de calor de que el filtro mismo no se calienta mucho; el calor vuelve a la fuente emisora o es dirigido fuera del sistema óptico. La separación entre luz y calor no es completa, pero mientras que sólo del 10 al 15% de luz se pierde por reflexión, la transmisión de la radiación calorífica de 10 000 Å puede ser menor del 20%. Para mayores longitudes de onda la transmisión crece nuevamente, pero en las fuentes de elevado rendimiento, tales como las lámparas de proyección de arco, con las que son muy útiles tales filtros, la mayor parte de la energía calorífica se transmite en el infra-rojo próximo. Estos filtros reflectores de calor son un producto comercial. La Fig. 5 muestra la construcción y la curva de transmisión de un filtro que se aproxima al resultado deseado.

FILTROS DE FABRY-PÉROT

Las primeras reseñas del filtro Fabry-Pérot son las que describen los filtros inventados por W. Geffcken [18, 19]. La construcción de este filtro es simple: consiste de una capa dieléctrica transparente entre dos capas de plata semitransparentes.

ULIO

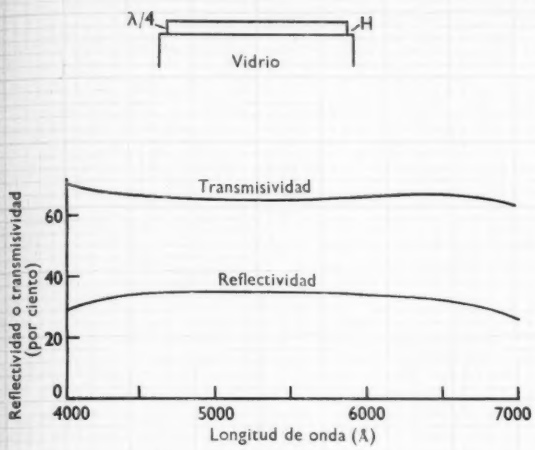


FIGURA 1 – *Filtro neutro.*

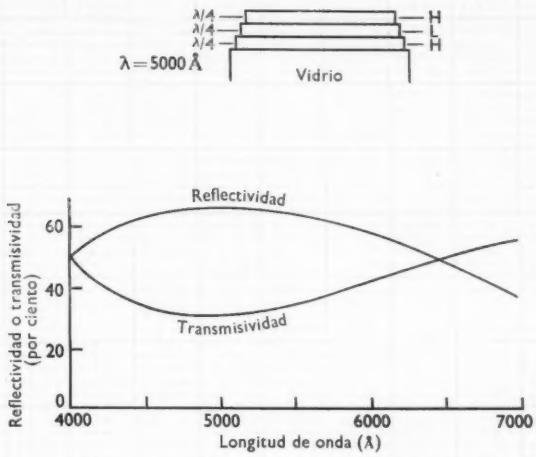


FIGURA 2 – *Separador de haces de elevada reflectividad.*

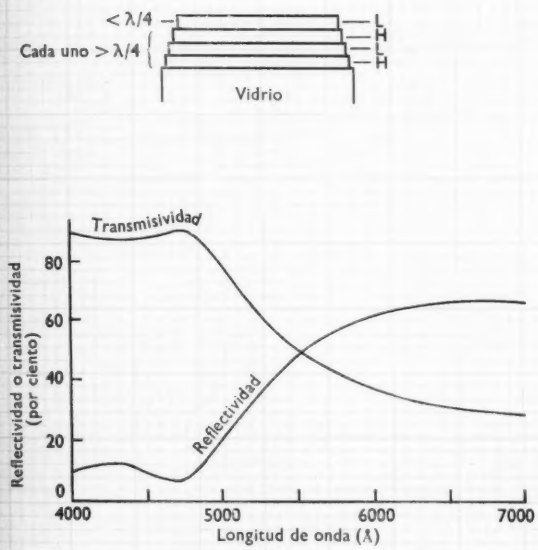


FIGURA 3 – *Filtro de color.*

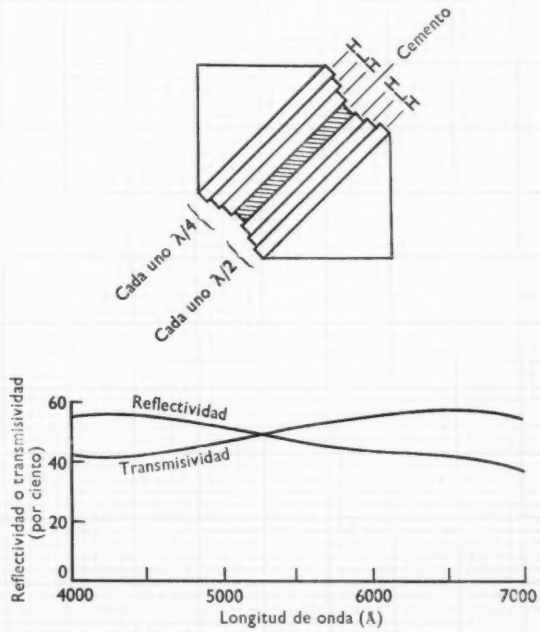


FIGURA 4 – *Separador de haces.*

H indica una película de elevado índice de refracción.

L indica una película de reducido índice de refracción.

λ, λ/2, λ/4 indican los espesores ópticos de la película (λ = 5500 Å aprox.).

(*Figs.* 1, 2 *y* 3 *por cortesía del* Journal of Scientific Instruments.)

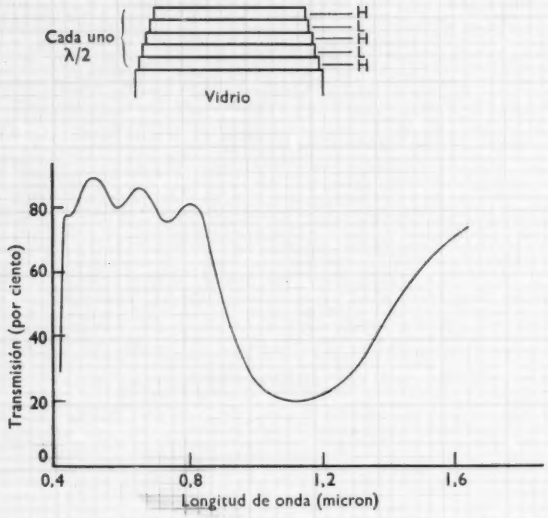


FIGURA 5 – *Filtro reflector del calor.*

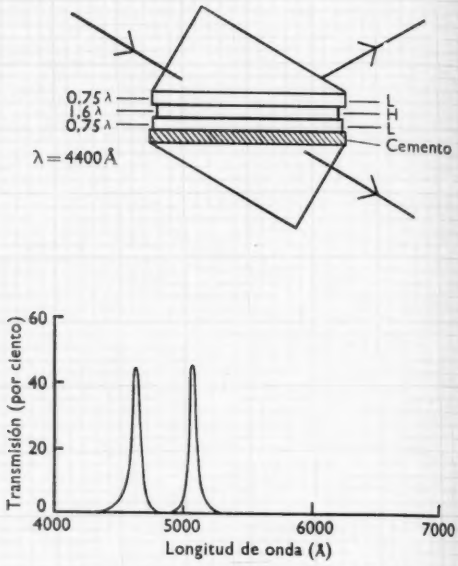


FIGURA 6 – *Filtro de Turner.*

(*Por cortesía del* Journal de Physique.)

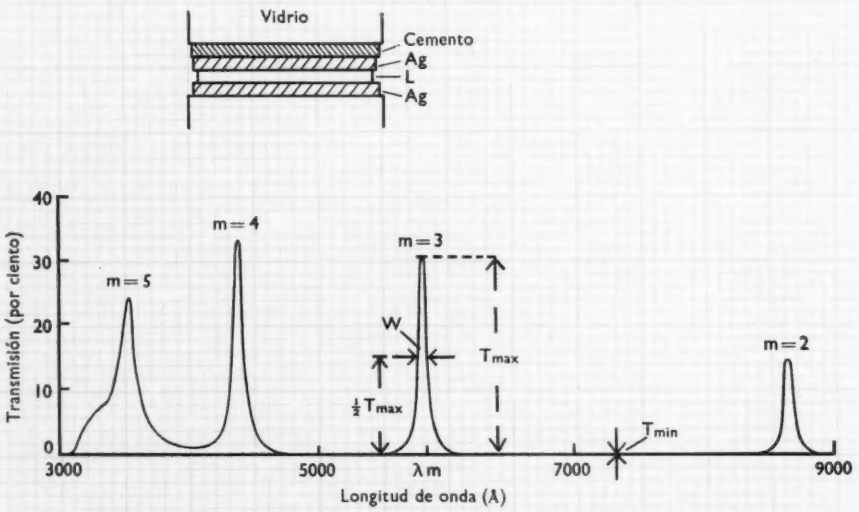


FIGURA 7 – *Filtro Fabry-Pérot*

Las capas están depositadas sobre un soporte de vidrio y protegidas por una cubierta también de vidrio.

La expresión para la transmisión de la luz por tales filtros es la misma que para el interferómetro de Fabry-Pérot [6]; lo cual no es de extrañar ya que el filtro es en principio un *étalon* de Fabry-Pérot de orden muy bajo, en el cual los espaciadores de cuarzo están reemplazados por una película sólida transparente que ocupa todo el espacio entre las placas plateadas.

Las características del filtro aparecen en la Fig. 7, basada en las mediciones de una curva de transmisión. La tabla da los verdaderos valores de tales características para el filtro medido. El ancho de la banda a una décima del máximo de transmisión puede tomarse como $3 \times W$.

Orden de la banda .. .. m	1	2	3	4
Longitud de onda del centro de la banda λ_m	8645 Å	5794 Å	4393 Å	3543 Å
Ancho de la banda a medio máximo W	75 Å	62 Å	77 Å	177 Å
Máximo de transmisión de la banda $T_{máx}$	14,5%	30,2%	33,5%	24,3%
Transmisión mínima entre bandas $T_{mín}$	0,03%	0,15%	1,2%	

El filtro Fabry-Pérot posee, en general, un número de bandas de transmisión distinguidas por sus órdenes de interferencia (números enteros consecutivos, comunmente no mayores de 4 en la región visible del espectro). Las longitudes de onda medias (λ_m) y el orden (m) de estas bandas están determinados por el espesor óptico (Δ) de la película transparente de separación siendo la relación

$$\lambda_m = 2\pi\Delta \cos \theta/(m\pi - \varphi),$$

en donde θ es el ángulo de refracción de la película de separación y φ representa el desplazamiento de fase debido a la reflexión por las películas de plata. El ajuste correcto de la película de separación es, evidentemente, una característica esencial de la construcción de estos filtros; dos métodos recientemente publicados permiten realizar el ajuste con gran exactitud durante la deposición al vacío [20, 21].

Una banda de transmisión centrada en una longitud de onda dada puede ser de cualquier orden deseado; el ancho de la banda a medio máximo y la distancia en longitudes de onda entre bandas vecinas decrecen al aumentar el orden, pero el máximo de transmisión no queda afectado. Si la banda de primer orden está colocada en cualquier parte del espectro visible, mediante una selección apropiada del espesor de la película dieléctrica, la banda de segundo orden estará en el ultra-violeta, pero una banda de segundo orden en la región del rojo o amarillo permite a una banda de tercer orden penetrar en el azul (Fig. 7). Las bandas de transmisión no deseadas pueden separarse generalmente mediante un filtro de vidrio, un filtro teñido o un filtro de interferencia de bajo orden.

El máximo de transmisión de una banda y la intensidad de la transmisión del fondo continuo están determinados por el espesor de las películas de plata. Deben ajustarse cuidadosamente estos valores, porque el aumento del máximo de la transmisión mediante el empleo de películas de plata más delgadas conduce a una transmisión de fondo más elevada; así queda reducido el contraste $T_{máx}/T_{mín}$. El ancho a medio máximo aumenta también al crecer el máximo de transmisión. La extensión útil de los máximos de transmisión es del 10 al 40%; el ancho es entonces entre 50 y 300 Å, según el orden de interferencia y la posición en el espectro. El mínimo de transmisión, a una longitud de onda aproximadamente a medio camino entre máximos, puede ser menor del 0,25% para un máximo de transmisión del 30%; pero debe recordarse que en algunas aplicaciones el conjunto de la transmisión de fondo está integrado, como lo sería, por ejemplo, por una fotocélula.

Debemos mencionar todavía una notable propiedad de los filtros Fabry-Pérot, y es la dependencia entre la longitud de onda de cada banda de transmisión y el ángulo de incidencia de la luz sobre el filtro. Inclinándolo, es posible sintonizar el filtro para una gama de unos 20 Å, pero más allá de la misma la banda se divide en dos componentes polarizadas. Desgraciadamente, también ocurre que en un haz convergente o divergente la banda de transmisión es más ancha. El efecto del ángulo de incidencia se reduce empleando para la película de separación un dieléctrico de

elevado índice de refracción, tal como el sulfuro de zinc, pero un medio menos refringente, por ejemplo el fluoruro de magnesio, proporciona bandas de transmisión más estrechas.

La absorción de la energía luminosa por la película de plata limita el rendimiento de los filtros Fabry-Pérot. Turner ha propuesto un método muy elegante para evitar esta pérdida [22], habiendo sido practicado por él mismo, por Billings [23] y otros. En este filtro de «reflexión total frustrada» las películas metálicas están reemplazadas por películas transparentes de índice de refracción reducido en contacto óptico con las caras hipotenusas de dos prismas (Fig. 6). La película separadora es de elevado índice de refracción. La característica esencial de este filtro es que la luz incidente cae sobre las películas bajo un ángulo mayor que el ángulo crítico. Aunque las condiciones reclaman una reflexión interna total, una fracción de la luz incidente se escapa a través de las películas de reducido índice de refracción si son suficientemente delgadas. El sistema de interferencia dentro de la película de separación es así semejante al del filtro Fabry-Pérot, pero con la diferencia de que no se pierde ninguna luz por absorción. Las bandas de transmisión son, en consecuencia, mucho más estrechas que las del filtro Fabry-Pérot, pero aparecen según pares polarizados. Si se quiere obtener una banda de amplitud estrecha se necesita un haz de apertura angular muy pequeña, porqué este filtro es muy sensible a la variación del ángulo de incidencia.

Aparte de las bandas más estrechas, una gran ventaja de este filtro consiste en que su rendimiento se mantiene al pasar a las regiones ultra-violeta e infraroja, en donde los reflectores metálicos del filtro Fabry-Pérot resultan de bajo rendimiento [24].

El filtro birrefringente de Lyot [25] es el más selectivo de todos y puede construirse para proporcionar una banda de transmisión de 1 Å de ancho, pero es raro y costoso. Su descripción cae fuera de los límites de este artículo.

FILTROS DE REFLEXION

Un filtro de Fabry-Pérot es en sí mismo un espejo que produce una o más bandas oscuras en un espectro de luz reflejada, otramente continuo. Como filtro de absorción de banda estrecha, puede mejorarse haciendo opaca una de las películas metálicas [6]. Si la otra película metálica se reemplaza por un recubrimiento dieléctrico de capas múltiples, es posible obtener una gama de características de reflexión análogas a las de los filtros totalmente dieléctricos pero en una región de poder de reflexión más elevado. Los espejos de reflexión más adelantados, consistentes de películas de plata recubiertas de dos capas de película dieléctrica, se han citado como poseyendo un poder de reflexión de hasta un 99,5% [26, 27]. Este sistema se emplea también con éxito en los filtros de Fabry-Pérot para estrechar las bandas de transmisión.

REFERENCIAS

[1] DAVY, J. R. «Industrial High Vacuum». Pitman, Londres, 1951.
[2] BATESON, S. *J. Soc. Glass Tech.*, **31**, 184, 1947.
[3] HOLLAND, L. *Vacuum*, **1**, 23, 1951.
[4] DUFOUR, C. *Vide*, **3**, 480, 1948.
[5] ABELÈS, F. *Rev. Opt.* (*Théor. Instrum.*), **28**, 11, 1949.
[6] HADLEY, L. N. y DENNISON, D. M. *J. Opt. Soc. Amer.*, **37**, 451, 1947; **38**, 483, 1948.
[7] POLSTER, H. D. *Ibid.*, **39**, 1038, 1949.
[8] SCANDONE, F. y BALLERINI, L. *Nuovo Cim.*, **3**, 81, 1946.
[9] ABELÈS, F. *C.R. Acad. Sci., Paris*, **223**, 891, 1946.
[10] CABALLERO, D. *J. Opt. Soc. Amer.*, **37**, 176, 1947.
[11] KRONIG, R., BLAISSE, B. S. y VAN DER SANDE, *J. J. Appl. Sci. Res.* B., **1**, 63, 1947.
[12] COTTON, P. *Ann. Phys.*, **12**, 209, 1947.
[13] PFUND, A. H. *J. Opt. Soc. Amer.*, **24**, 99, 1934.
[14] GREENLAND, K. M. *J. Sci. Instrum.*, **23**, 48, 1946.
[15] TAYLOR, E. W. *J.R. Micr. Soc.*, **65**, 1, 1945.
[16] BANNING, M. *J. Opt. Soc. Amer.*, **37**, 792, 1947.
[17] SCHRÖDER, H. y SCHLÄFER, R. *Z. Naturforsch.*, **4a**, 576, 1949.
[18] Patente Alemana D.R.P. 716153 (presentada 1939).
[19] GEFFCKEN, W. *Angew. Chem.*, A, **60**, 1, 1948.
[20] GREENLAND, K. M. y BILLINGTON, C. *Proc. Phys. Soc. Lond.* B, **63**, 359, 1950.
[21] HERMANSEN, A. *Nature*, **167**, 104, 1951.
[22] LEURGANS, P. y TURNER, A. F. *J. Opt. Soc. Amer.*, **37**, 983 A, 1947.
[23] BILLINGS, B. H. *Ibid.*, **40**, 471, 1950.
[24] BILLINGS, B. H. y PITTMAN, M. A. *Ibid.*, **39**, 978, 1949.
[25] EVANS, J. W. *Ibid.*, **39**, 229, 1949.
[26] TURNER, A. F. *Ibid.*, **36**, 711A, 1946.
[27] MESSNER, R. *Optik*, **2**, 228, 1947.

BIBLIOGRAFIA

ROUARD, P. (compilador). «Les Propriétés Optiques des Lames Minces Solides». Centre National de la Recherche Scientifique, París, 1950; *J. Phys. Radium*, **11**, 305, 1950.
KUHN, H. *Rep. Phys. Soc. Progr. Phys.*, **14**, 65, 1951.
HAMMLER, K. «Fragen der Technik». Bayerischer Schulbuch-Verlag, Munich. 1949.

El diamante industrial

R. S. YOUNG

Presentación de los procesos especiales de minería y extracción de los diamantes de la kimberlita y depósitos aluviales. Indicación de las propiedades químicas y físicas del diamante; su extrema dureza permite su uso como elemento abrasivo en las ruedas moledoras y en las sierras para piedras y otros materiales duros. Aplicación del diamante en las barrenadoras mineras y en la fabricación de alambre; su uso creciente en forma de polvo para los procesos de pulido.

Un diamante industrial es el que, debido a defectos tales como incrustaciones, manchas, grietas, capas superpuestas, forma cristalina inferior, o color oscuro, no puede ser tallado y convertido economicamente en joya. El tamaño del diamante determina también la categoría en que ha de ser incluído. Una incrustación en un diamante grande puede dejar todavía una gema mercable; mientras que el mismo defecto en un diamante pequeño le hace inutilizable como joya.

Los diamantes, sean de la variedad industrial o brillantes, se encuentran en la naturaleza en dos clases de depósitos:

(*a*) Formaciones en venero o kimberlita, que se extraen mediante operaciones de minería subterránea.

(*b*) Depósitos aluviales, donde los diamantes aparecen en lechos de grava, a lo largo de los ríos o a la orilla del mar, siendo rescatados mediante técnicas mineras que desnudan el mineral de las capas que lo cubren.

Se ha escrito mucho acerca de la génesis y aparición del diamante [7]. Aunque hay muchas opiniones contradictorias, la mayor parte de los geólogos parecen inclinarse a creer que los diamantes aluviales se derivan de la desintegración de los depósitos de kimberlita, con el subsiguiente acarreo de los diamantes por el agua. La kimberlita es una roca olivino-flogopita, que contiene cristales de olivina, enstatita, diópsido, cromodiópsido, flogopita, ilmenita y granate. Fué producida, probablemente, por un magma residual, que perduró después de la solidificación de las rocas, formando la costra de peridotita que yace ahora bajo la corteza terrestre. Al enfriarse ésta, la temperatura del magma descendió hasta que comenzó a solidificarse, y durante ese período el diamante y el grafito se separaron del magma, incorporándose finalmente a las rocas ultrabásicas.

Más del 97% de los diamantes de todo el mundo se obtienen en el continente de Africa: Angola, Congo Belga, Africa Ecuatorial Francesa, Africa Occidental Francesa, Costa de Oro, Sierra Leone, Sudoeste de Africa, Tangañica y Sudáfrica. Aparte de Africa, los únicos productores de alguna importancia son Brasil, Guayana Británica y Venezuela. Actualmente, la fuente más importante de diamantes industriales es, con mucho, el Congo Belga. Los diamantes industriales y de gema se encuentran en los mismos depósitos, pero sus proporciones son muy variables. Por ejemplo, algunas propiedades del Sudoeste de África arrojan más del 95% de gemas, mientras que la mayor parte de las minas del Congo Belga rinde más del 95% de la variedad industrial.

El proceso de extracción en las minas de diamantes presenta aspectos especiales. En primer lugar, el contenido de materia valiosa en el mineral es extremadamente bajo, hallándose una parte de diamante en 14 millones de partes de kimberlita. En segundo lugar, el valor de un diamante aumenta rápidamente en proporción a su tamaño, de modo que las operaciones de corte y trituración deben reducirse al mínimum. En tercer lugar, debido al alto valor del producto y a la irregularidad de su aparición en las excavaciones, el proceso de extracción debe ser tal que no se pierda ningún fragmento de diamante. En cuarto lugar, la industria del diamante no puede contrastar sus operaciones mediante el análisis químico del material que entra en sus fábricas o que sale de ellas, pues no se conoce aún ningún medio para diferenciar químicamente la pequeña cantidad de carbono cristalino frente a las cantidades relativamente grandes de otros materiales carbonosos en los surtidos de mineral. Finalmente, el alto punto de fusión del diamante, su inactividad frente a los ácidos y los álcalis, y el hecho de que resulte damnificado si se le calienta a altas temperaturas descartan en la producción de los diamantes ciertos procesos comunes, como los de calcinación, fundición y colada.

El primer paso en el tratamiento de recuperación del mineral diamantífero es una cierta forma

de concentración por gravedad, en la que la pequeña cantidad de diamante, con su gravedad específica de 3,5, es separada, con otros minerales pesados, del grueso de cuarzo y silicatos ligeros, que tienen una gravedad específica de unos 2,7. Esta separación por gravedad puede ser efectuada por medio de calderos de lavado, cribas, o por procesos para materia pesada. En el caso de los diamantes de depósitos de kimberlita, se pasa sobre una mesa inclinada, cubierta de una espesa capa de grasa, el concentrado por gravedad, en forma de fina suspensión en agua. Los diamantes se adhieren a la grasa, pero las partículas de roca son arrastradas por la corriente de agua. La mayor parte de los diamantes de depósitos aluviales, sin embargo, no se adhieren a la grasa porque, a diferencia de los diamantes de kimberlita, no son repelentes al agua; todo el concentrado por gravedad tiene que ser clasificado a mano en este caso para recuperar los diamantes. La naturaleza hidrofílica de la superficie de los diamantes de depósitos aluviales se debe a la presencia en ella de una minúscula pero fuertemente adsorbida película de sales.

Se han descubierto recientemente dos nuevos métodos para mejorar el rescate de diamantes en el Laboratorio de investigaciones sobre el Diamante de Johannesburg, institución establecida hace poco por las principales compañías mineras, para servir a los productores y utilizadores de diamantes en todo el mundo [8]. Uno de estos procesos, basado en la separación electrostática, está destinado a la colección de los diamantes de tamaño más pequeño [4]. Descansa en el hecho de que el diamante, virtualmente, no es un conductor de electricidad y permanece inafectado por las fuerzas electrostáticas, mientras que la mayor parte de los minerales de ganga son débilmente conductores, por lo que se desvían de un electrodo de rodillo en un campo electrostático al pasar sobre él un caudal de grava diamantífera seca. En el otro proceso, las gravas aluviales diamantíferas son tratadas con reactivos de activación superficial, que crean una película repelente al agua en los diamantes, pero no en las partículas de roca o silicato [6]. Al resultar de este modo el diamante repelente al agua, se adhiere a la superficie de grasa, de la misma manera que los diamantes de los depósitos de kimberlita que son naturalmente repelentes al agua. Después de este tratamiento, se pasa la grava diamantífera sobre una correa de caucho cubierto de grasa, ofreciéndose continuamente una superficie de grasa nueva a la grava diamantífera mediante la aplicación mecánica de la grasa a un extremo de la correa mientras se limpia la grasa usada en el otro.

Las propiedades químicas del diamante difieren en algunos aspectos de las del grafito. El primero es virtualmente inmune al ataque de los ácidos, aislados o en combinación, y al de los álcalis fundidos, en ausencia de reactivos oxigenantes. El polvo de diamante arde lentamente en el aire, a temperaturas superiores a 500° C, y la intensidad de la combustión depende de la temperatura, duración del calentamiento, tamaño de las partículas y tipo del diamante. Los mejores grados del diamante industrial, como los de gema, están formados prácticamente de carbono puro, pero la categoría más baja, llamada «boart», que se usa en grandes cantidades para ruedas esmeriladoras y puntas de barrenas, puede contener cierto porcentaje de impurezas.

Las principales propiedades físicas del diamante, que le hacen tan valioso para la industria, son su gran dureza y su resistencia al desgaste. El examen de las propiedades físicas y mecánicas de los abrasivos naturales y sintéticos muestra que el diamante figura a la cabeza de la lista de esos materiales en lo que se refiere a punto de fusión, dureza para raspar y dentar, resistencia al desgaste, acción abrasiva, compresibilidad, módulo de elasticidad, carga de ruptura y conductividad de calor.

Algunos experimentos de gran interés, verificados recientemente en Oxford [1], sobre la conductividad de calor de aleaciones y materiales no metálicos a bajas temperaturas, han demostrado que la conductividad de todos los cristales dieléctricos puros opera generalmente en la misma forma. El valor máximo de conductividad del diamante a bajas temperaturas es de la misma magnitud que el del cobre y otros buenos conductores.

Las investigaciones de Bowden y sus colaboradores en Cambridge sobre la fricción de los metales se han extendido recientemente a los materiales no metálicos. Se ha probado que la fricción del diamante limpio sobre el diamante es muy alta y que la resistencia al cizallamiento en la inter-faz es comparable a la del diamante mismo [2]. No se producen agarrotamientos en gran escala porque la deformación del diamante en la región de contacto es elástica, y el área de contacto efectivo permanece necesariamente pequeña.

El diamante, a pesar de su extraordinarias dureza e inactividad, no constituye la forma estable de carbono. La forma estable es el grafito, por lo que es muy difícil convertirlo en diamante.

FI
un

FIGURA 1 – *Uno de los principales procesos de colección de los diamantes se basa en su adhesión a una superficie engrasada.*

FIGURA 2 – *Una sierra de diamante corta con rapidez y precisión un cilindro rocoso para su examen geológico y análisis químico.*

FIGURA 3 – *Con anterioridad al desarrollo de la minería subterránea, las vetas de kimberlita eran operadas desde la superficie. Este agujero gigante en* Premier Mine *es una de las más grandes excavaciones del hombre.*

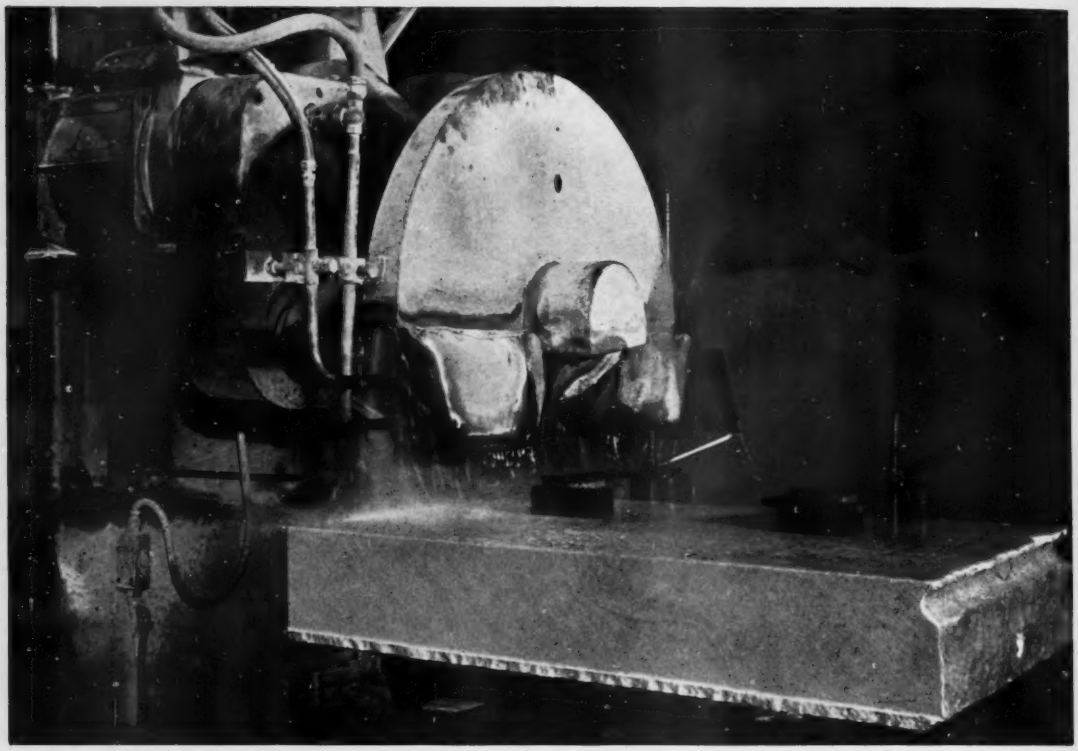


FIGURA 4 – *Una gran sierra de diamante corta rápidamente un bloque de piedra de construcción.*

Cuando se calienta el diamante en ausencia de aire, o en una atmósfera inerte, sufre un lento ennegrecimiento de la superficie a temperaturas superiores a 600° C. La película oscura es idéntica al grafito en propiedades químicas y físicas. Al aumentar la temperatura, se acelera la inversión.

La dureza única del diamante le hace extremadamente útil como instrumento de torno en operaciones mecánicas de alta precisión, como la de tornear pistones de aluminio para motores de automóvil o avión [3]. El acabado obtenido con el uso de un torno de diamante es insuperable y el objeto tiene generalmente la apariencia de haber sido pulido después de torneado con otras herramientas. La industria relojera utiliza ampliamente los instrumentos de diamante para la precisa manufactura de gran variedad de piezas metálicas. Muchos objetos no metálicos como las bolas de billar y platinas de máquina de escribir son torneados también con instrumentos de diamante.

El esmerilaje es una parte muy importante de los modernos trabajos mecánicos, y las muelas de diamante desempeñan un papel esencial en muchas operaciones de la ingeniería de precisión [9]. Las partículas de diamante se fijan en una matriz de metal, cerámica o plástico y forman una amoladora indispensable cuando se trata de pulir con perfecta precisión carburo de tungsteno y otros materiales duros. Los bordes y biseles de las láminas de vidrio y del cristal inastillable son también pulidos con amoladoras de diamante.

Las muelas de abrasivos sintéticos, que utilizan generalmente carburo de silicio u óxido de aluminio, sólo pueden ser restauradas en su forma original, o liberadas de las partículas de metal que tienden a vidriar su superficie, mediante amoladoras con abrasivos de diamante [5]. Una punta de diamante formadora de roscas se utiliza para transferir el perfil exacto requerido a la muela de rectificadoras de filetes de precisión.

Los diamantes, en forma de pequeñas piedras completas o de polvo, se fijan en la periferia de un disco de metal para cortar materiales de mampostería y de cerámica. En las industrias dedicadas a cortar piedras, se usan grandes sierras de diamante, hasta de 1,8 m de diámetro, para cortar mármol, granito, piedra arenisca y otros

materiales empleados por las empresas de construcción. Se usan pequeñas sierras de diamante para cortar tubos de loza, azulejos y otros artículos de cerámica; para seccionar las muestras de los taladros minerales, y para cortar trozos acanalados de roca subterránea. La sierra de diamante no sólo corta más rápidamente que otras sierras de mampostería, sino que produce una superficie más lisa que, en muchos casos, no requiere ulteriores operaciones de pulido.

Se han venido usando durante muchos años en la industria minera grandes cantidades de diamantes industriales para las perforaciones de exploración. Para perforar la roca se hace girar una barra de acero hueca, con una corona o diente de diamante en su extremo. La corona consiste en un anillo de metal con diamantes en su periferia, de modo que puede cortar un cilindro de la roca y extraerlo a través de la perforadora hueca para su examen geológico y análisis químico.

Hay otro tipo de perforadora de diamantes muy usada en la industria minera: es la de barreno. En éste, los diamantes van fijados sobre la mayor parte de la superficie cortadora del diente de metal. Esta corona de perforación no corta un cilindro, sino que extrae los trozos de roca en todo el agujero. Dentro del barreno se inserta el explosivo para la voladura. El barreno no se utiliza por tanto para trabajos de exploración, sino para operaciones propiamente mineras.

Aparte de su uso en la industria minera, las perforadoras de diamantes de pequeño tamaño se emplean en las industrias de ingeniería y construcción para el taladro preciso y rápido de cristales, porcelana, azulejos, ladrillos, etc.

Desde hace más de cien años viene usándose el diamante para el estirado de alambre, y con el crecimiento de las industrias eléctricas sigue aumentando la demanda de diamantes industriales para este fin. Los alambres se producen estirando un rollo de metal al través de orificios con la apertura cada vez más estrecha, y en el caso de alambres finos, como el de cobre de menos de un milímetro de diámetro, en los que la tolerancia dimensional debe mantenerse muy baja, la gran resistencia al desgaste del diamante le hace muy útil para producir grandes cantidades de alambre sin desgaste apreciable del molde. Los moldes de diamante para estirado de alambre se hacen perforando un agujero minúsculo en un diamante industrial de alta calidad con ayuda de una descarga eléctrica, o con una fina aguja de acero cubierta de polvo de diamante suspendido en aceite de oliva. Los alambres de gran diámetro se estiran a través de moldes de carburo de tungsteno, que a su vez son pulidos con polvo de diamante.

Cada vez se usan más los diamantes industriales en polvos y pastas para pulir. El polvo de diamante se utiliza para serrar y pulir diamantes de gema e industriales. Se usa también para dar un acabado de espejo a las matrices y otros objetos similares de acero templado y carburos cementados. Un uso poco común, pero de importancia científica, es la preparación de muestras metalográficas, especialmente para las aleaciones duras o los materiales de diferentes fases de dureza. El polvo de diamante se produce pulverizando diamantes en diversas formas: por trituración con mordazas, o con cilindro, o con golines, o con martinetes, o por mano de almirez.

Los diamantes industriales tienen otros muchos usos. El más antiguo y el que primero viene a la mente del profano es el de cortador de cristal. Varios instrumentos para hacer grabados o inscripciones sobre cristal, porcelana o metal van provistos de una punta de diamante. El diamante es usado para agujas de gramófono, y como punta cortante para trazar las ranuras de impresión en los discos de gramófono, o en los sensibles cilindros de las máquinas para dictar. La dureza de los materiales de ingeniería se mide generalmente por la profundidad de penetración de un endentador de diamante moldeado bajo condiciones normales de carga, como lo hacen las máquinas de probar de Rockwell y Vickers.

BIBLIOGRAFIA

[1] BERMAN, R., SIMON, F. E., y WILKS, J. *Nature*, **168**, 277, 1951.

[2] BOWDEN, F. P. y YOUNG, J. E. *Proc. Roy. Soc.*, A, **208**, 444, 1951.

[3] GRODZINSKI, P. «Diamond Tools». N.A.G. Press Ltd., Londres, 1944.

[4] LINARI-LINHOLM, A. A. *J. Chem. Soc. S. Afr*, **51**, 131, 1950.

[5] ROWAN, M. J. *Machinist*, **94**, 641, 1950.

[6] WEAVIND, R. G. Patentes Sudafricanas 2639/49 de 6 de diciembre de 1949; 253/50 de 14 de febrero de 1950, y 333/50 de 2 de marzo de 1950.

[7] WILLIAMS, A. F. «The Genesis of the Diamond». Ernest Benn Ltd., Londres, 1932.

[8] YOUNG, R. S. *Gems and Gemology*, **6**, 327, 1950.

[9] YOUNG, R. S. y ROGERS, F. S. C. *J. S. Afr. Instn Engrs*, **49**, 211, 1951.

El ácido nucleico de los cromosomas

J. A. V. BUTLER

Estudio de las recientes investigaciones sobre el ácido desoxirribonucleico. Diversas proporciones en que aparece como constituyente de substancias naturales. Moderna interpretación de su estructura química. Anormalmente elevada viscosidad y estudio del efecto que sobre ella tiene la adición de sales, ácidos, álcalis y otros reactivos con relación a la estructura molecular del ácido. Las mostazas de azufre y nitrógeno reducen considerablemente dicha viscosidad, con notables consecuencias biológicas.

En los últimos años se ha intensificado enormemente el estudio de los ácidos nucleicos. La razón de ello estriba en la sospecha de que estas substancias intervienen en los procesos de la reproducción celular. Los citólogos han estudiado durante largo tiempo y muy a fondo el extraordinario comportamiento de los cromosomas en la división de la célula, y como consecuencia ha quedado bien afianzada la teoría de que los cromosomas llevan consigo las unidades o genes hereditarios elementales del organismo. El empleo de variadas técnicas — mediciones de la absorción ultra-violeta, coloración y experimentos de extracción directa — ha demostrado que una variedad de ácido nucleico, conocida actualmente con el nombre de ácido desoxirribonucleico, a causa de la presencia en él de la desoxirribosa, se encuentra en los cromosomas en grandes cantidades, asociada con las proteínas. Otro ácido nucleico, originariamente aislado de la levadura se encuentra ampliamente distribuído en los componentes granulares del citoplasma.

Nuestro objeto es estudiar las investigaciones recientes sobre el ácido desoxirribonucleico, para cuya obtención se ha utilizado las más de las veces, el timo de la ternera, el esperma de los peces y el germen del trigo. Se han realizado numerosas investigaciones para caracterizar las propiedades químicas y físicas de estas substancias. Se han descubierto sus propiedades químicas, que están representadas con bastante exactitud por la fórmula de la Fig. 1: una cadena recta formada por la polimerización de nucleótidos, cada uno de los cuales se compone de una base de purina o pirimidina y el fosfato de desoxirribosa, combinados ambos en las posiciones ilustradas [1]. Es posible que existan ramificaciones en la cadena principal, pero no se ha comprobado de modo definitivo [2].

Cuatro bases distintas se hallan normalmente presentes en cantidad, y una quinta, la 5-metil citosina, ha sido descubierta en cantidades relativamente pequeñas [3]. La equivalencia aproximada de las cuatro bases más corrientes, tal como se comprobó en los primeros análisis, condujo a la idea de una unidad tetranucleótida que contiene una base de cada clase, pero análisis más recientes han demostrado que esto es tan sólo un cálculo aproximado. Las proporciones de las bases varían según el origen de la substancia y las cantidades no son iguales. No obstante, Chargaff y sus colaboradores [4] han comprobado que la cantidad de adenina y timina es casi idéntica en todas las muestras examinadas, pero no puede decirse lo mismo de la guanina y citosina. La proporción entre el primer par y el segundo difiere notablemente de una especie a otra. La tabla muestra algunos de dichos resultados.

Parece que existen dos tipos principales: el tipo AT, en el cual la adenina y la timina se encuentran en exceso, y el tipo GC en el que la proporción es en sentido contrario. Es de notar que en todos los casos examinados las cantidades de los grupos amino primarios son iguales a la de oxhidrilos.

Pasando ahora a las propiedades físicas del ácido desoxirribonucleico y sus disoluciones, parece que se ha conseguido cierto progreso en la distinción de la forma real y el estado de las moléculas. Como resultado del análisis por rayos X de fibras orientadas de ácido nucleico, Astbury [5] propuso una estructura en la que los anillos planos de las bases se apilan unos encima de otros con una distancia entre sí de 3,4 Å. Con modelos atómicos es muy difícil colocar las bases a distancias tan próximas como la indicada, en una estructura en que cada azúcar va unido a dos grupos fosfato y cada fosfato a dos azúcares en las posiciones representadas en la Fig. 1, pero hay alguna duda en cuanto a la distorsión permisible de los ángulos de unión de éter-oxígeno. La Figura 2*a* presenta el modelo de una cadena nucleótida en la que las bases aparecen a distancias de unos 7 Å

Composición de ácidos desoxirribonucleicos procedentes de varios orígenes

Constituyente	*Esperma (humano)*	*Timo (humano)*	*Timo (buey)*	*Hígado (humano)*	*Levadura*	*Bacilo del tubérculo aviario*
Adenina	0,29	0,28	0,28	0,27	0,30	0,12
Guanina	0,18	0,19	0,24	0,19	0,18	0,28
Citosina	0,18	0,16	0,18	0,15	0,15	0,26
Timina	0,31	0,28	0,24	0,27	0,29	0,11
Recuperación total ..	0,96	0,91	0,94	0,88	0,92	0,77

a lo largo de la cadena. Esta es la forma más extendida posible, pero pueden hacerse apilamientos más cerrados, como el sugerido por Furberg [6], tomando como punto de partida los estudios con rayos X de los nucleótidos en los que los grupos fosfato están dispuestos en zig-zag, a distancias de 3,4 Å a lo largo de la orientación de la cadena y con las bases sobresaliendo alternativamente a cada lado de la cadena principal. La Fig. 2*b* presenta un modelo de una disposición muy parecida. Existen otras posibilidades, como las formas en espiral, pero la prueba experimental disponible es insuficiente para distinguirlas. Los estudios con rayos infra-rojos [7] han demostrado un cierto grado de orientación de las bases en ángulo recto con la dirección de la fibra.

La más característica propiedad de las disoluciones de ácido nucleico es su elevada y anómala viscosidad. La causa de ello y de otras propiedades afines ha sido el tema de muchos escritos, existiendo grandes desavenencias en los varios puntos de vista presentados. Parece, no obstante, que comienza a formarse un cuadro definitivo del estado molecular de tales soluciones. El peso molecular, determinado por una gran variedad de métodos [8], se halla de ordinario en la región de $1-5 \cdot 10^6$. Si la molécula consiste en cadenas nucleótidas sin ramificar, ello implica la existencia de unas 5000 unidades. La forma exacta, aun cuando todos los métodos sugieren la oblonga, ha causado muchas dificultades. Se ha encontrado [9] que la viscosidad experimenta una gran reducción al añadir a las soluciones concentraciones muy pequeñas de sales, aunque no deja de ser algo anómala. Como la viscosidad de las soluciones polielectrolíticas queda afectada de igual modo, y en éstas puede atribuirse en gran parte al enrollamiento de las moléculas cuando la repulsión de las cargas eléctricas se ve reducida por una poderosa capa doble [10], se ha llegado a la conclusión de que el efecto observado en el ácido nucleico tiene un origen semejante [11]. Esto hace presumir que la cadena nucleótida es flexible, pero se van acumulando las pruebas de que su comportamiento en disolución se puede comprender mejor a base del supuesto de una estructura perfectamente rígida de varillas. Por ejemplo, Schwander y Signer [12], luego de demostrar que la birrefringencia de las disoluciones en flujo es independiente de la concentración salina en una escala muy extensa, sugieren que esto es sólo posible en el caso de la molécula rígida. La relación entre la constante de sedimentación y la concentración se ha interpretado también como debida al comportamiento de una estructura compacta a manera de fieltro [13]. Por último, las mediciones del efecto Kerr (birrefringencia en un campo eléctrico) obtenidas por Benoit conducen a una concepción semejante [14]. Los datos obtenidos por medio de la dispersión de la luz, no son concluyentes por el momento.

Parece bastante claro, por lo tanto, que el efecto de las sales sobre la viscosidad es improbable

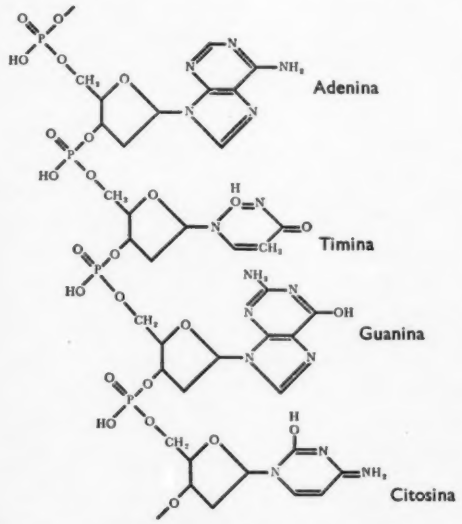


FIGURA 1 – *Fórmula del ácido desoxirribonucleico.*

que se deba al enrollamiento de la molécula y con toda verosimilitud puede atribuirse a cambios en la acción recíproca de las partículas. Se ha podido comprobar en todas las observaciones que las disoluciones de ácido nucleico presentan efectos notables de acción molecular recíproca, a excepción de las diluciones extremas; en realidad, con la mayoría de los métodos, la dificultad está en llegar a concentraciones tan bajas que los efectos no sean observables. Estas interacciones se patentizan de un modo muy sorprendente en algunos experimentos recientes sobre la difusión del ácido nucleico en el agua y en las soluciones salinas [15]. En el agua, la difusión da lugar a un delimitado frente de difusión, que indica que las moléculas se mueven hacia el solvente, siendo retenidas por las que les siguen como si estuvieran unidas en las mallas de una red. La potencia de la interacción experimenta una reducción aun en el caso de concentraciones muy bajas de sal. Las disoluciones de ácido nucleico deben tener, por tanto, una red de varillas rígidas, probablemente sujetas en sus puntos de enlace por fuerzas electrostáticas entre grupos cargados positiva y negativamente, pero también posiblemente por enlaces de hidrógeno de una naturaleza algo más permanente.

Ahora será interesante ver si podemos incluir en este cuadro la acción de diversos reactivos sobre el ácido desoxirribonucleico. Los ácidos y los álcalis ocasionan cambios irreversibles [16]. La viscosidad queda grandemente reducida y no se recobra por completo cuando la disolución vuelve de nuevo a hacerse neutral. Las disoluciones pueden también convertirse en tixotrópicas después de semejante tratamiento [17]. Ciertos grupos no titulables cuando el ácido nucleico no ha estado expuesto a condiciones ácidas o alcalinas adquieren titulabilidad. La explicación de este fenómeno sugerida por Gulland, Jordan y Taylor [16] es que los enlaces de hidrógeno formados entre los grupos amino y los grupos oxhidrilo de las bases adyacentes son descompuestos por el ácido o álcali resultando entonces que dichos grupos se hacen titulables.

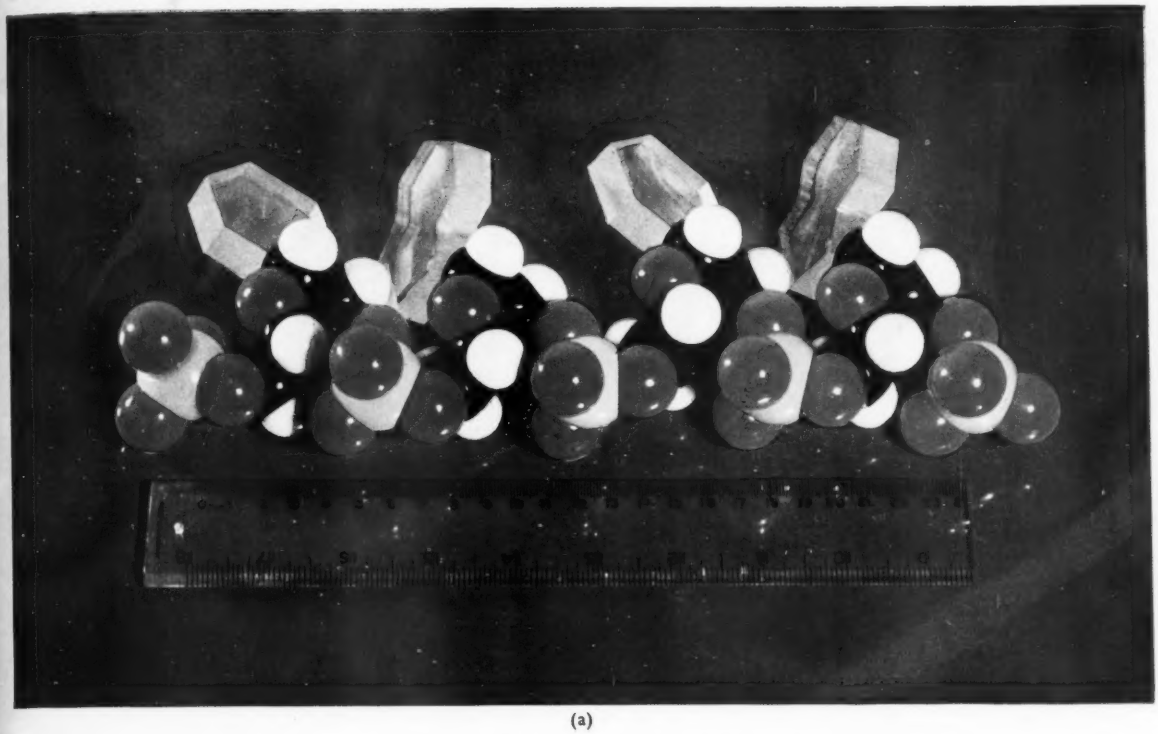
Desde algún tiempo se sabe también que ciertas substancias como la guanidina y la urea reducen la viscosidad de las disoluciones de ácido nucleico [18]. Conway y Butler [19] han encontrado que este efecto es irreversible, esto es: que la viscosidad no se restaura eliminando la substancia añadida. El fenol se comporta de un modo parecido. Se requieren, no obstante, concentraciones relativamente mayores para producir dicho efecto.

Es sabido que todas estas substancias originan la rotura de los enlaces de hidrógeno, y, por razón de esta propiedad, son eficaces como agentes desnaturalizantes con las proteínas. Parecen ejercer un efecto parecido sobre el ácido desoxirribonucleico, lo cual implica que el ácido nucleico posee una estructura mantenida por enlaces de hidrógeno inter e intramoleculares. Es significativo que los análisis de Chargaff han demostrado que existe casi un equilibrio exacto entre las cantidades de los grupos primarios amino y los grupos oxhidrilo en las bases en todos los ácidos nucleicos examinados. La existencia de tales enlaces de hidrógeno explicará, naturalmente, la rigidez de la molécula de ácido nucleico; y, a su vez, la formación de una red de varillas rígidas podrá explicar la viscosidad elevada y anómala. Se ha encontrado que aun cuando los agentes desnaturalizantes (urea y fenol) hacen decrecer la viscosidad (y en presencia de las sales la hacen descender a niveles muy bajos) no alteran mucho el peso molecular determinado por la constante de difusión y la velocidad de sedimentación. La pérdida de viscosidad se debe, por lo tanto, primariamente a la pérdida de la interacción de las partículas, y tal vez también a la disminución de la rigidez originada al doblarse la molécula en formas más compactas cuando se rompen los enlaces de hidrógeno que mantienen la estructura.

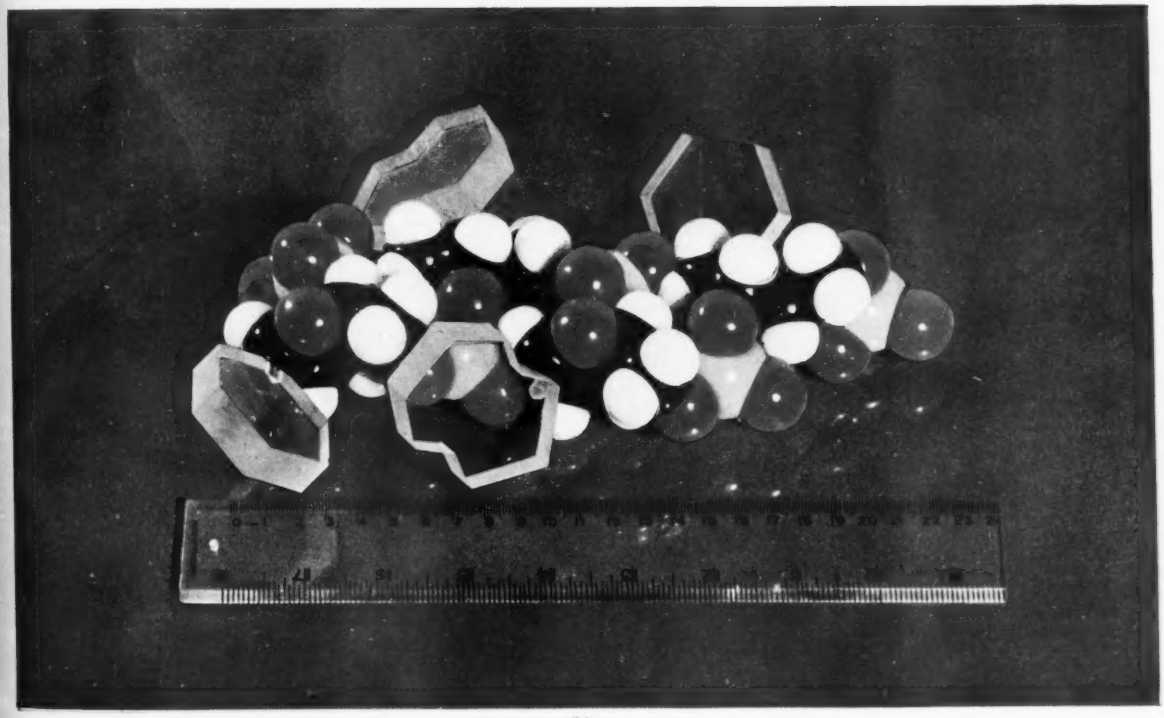
Finalmente, permítasenos mencionar el efecto sobre el ácido nucleico de una diferente clase de reactivo, representado por la mostaza de azufre $S(CH_2.CH_2.Cl)_2$ y la mostaza de hidrógeno $CH_3.N(CH_2.CH_2.Cl)_2$.

Se sabe que estas y otras substancias parecidas producen sorprendentes efectos biológicos [20]: dan lugar a anormalidades en el proceso mitótico y a inhibición del crecimiento; son mutagénicas y, en algunos casos, carcinogénicas. El estudio de su acción sobre el ácido nucleico se emprendió con la esperanza de que podría abrir nuevos derroteros para la comprensión de su actividad biológica. Uno de los más sorprendentes efectos de estos compuestos, que comparten con otros compuestos radiomiméticos (pero no con todos), es la destrucción de la elevada viscosidad del ácido desoxirribonucleico que se produce [21] aun en muy bajas concentraciones. Se ha visto que, entre otras reacciones químicas [22], se combinan con los grupos primarios amino de las bases por alquilación; al obrar así, rompen, por necesidad, los enlaces de hidrógeno en los que se hallan implicados los grupos amino, dando lugar a una desnaturalización parecida a la que produce la

F
d
c
s
a
la



(a)



(b)

FIGURA 2 – *Modelos de configuraciones posibles del ácido desoxirribonucleico.* (a) *La más extendida distribución de la cadena nucleótida en la que la purina y la pirimidina tienen todos sus anillos en un lado del eje principal y a distancias de* 7 Å *aproximadamente.* (b) *Apelotonamiento más compacto en el que los grupos fosfato están dispuestos en zig-zag, a distancias horizontales a lo largo de la fibra de unos* 3,4 Å. *Los anillos de purina y pirimidina aparecen ahora alternativamente a cada lado del eje principal y a distancias respectivas de unos* 7 Å. *Amarillo* = P; *rojo* = O; *azul* = C; *blanco* = H. *Recortes de Perspex* = *anillos de purina y pirimidina. Escala:* 1 *cm* = 1 Å.

urea. Sin embargo, se verifican otras reacciones con estos reactivos. Se ha constatado que el producto original de la reacción es inestable y se descompone lentamente en pequeñas unidades [23].

La función del ácido desoxirribonucleico en el cromosoma es todavía oscura. Se ha sugerido que actúa a manera de plantilla en la que se moldean las cadenas péptidas altamente específicas de las que se forman las proteínas, pero es difícil imaginar que el ácido nucleico pueda ser capaz de un número suficiente de variaciones [24]. Caldwell y Hinshelwood [25] sugirieron que si dos de las entidades presentes en el ácido nucleico intervienen en la formación de cada residuo aminoácido, las permutaciones y combinaciones de cuatro bases y un azúcar tomados de dos en dos suministran el número necesario de posibilidades. Esto, no obstante, es una hipótesis *ad hoc* y resulta poco razonable la inclusión del azúcar. F. Haurowitz [26] ha lanzado la idea de que la función del ácido nucleico es retener las cadenas péptidas en una forma alargada al tiempo de ser copiadas, es decir, mientras se extiende una segunda cadena mediante un procedimiento parecido a la cristalización. Puede tener interés la observación de que en la disposición en zig-zag de los grupos fosfato (Fig. 2*b*), existen dos filas paralelas de estos; si una cadena péptida queda retenida en una fila cabe suponer que se formará una copia en la segunda. Según esta idea, la función de los grupos fosfato tendría que ser de sujeción del péptido mientras que los grupos amino e oxhidrilo de las bases deberían mantener el ácido nucleico en una configuración determinada, y en consecuencia controlar la configuración de la proteína.

En contra de ello milita el descubrimiento de Avery, MacLeod, y McCarty [27] según el cual, aparentemente pueden obtenerse muestras puras de ácido desoxirribonucleico con la propiedad biológica de inducir la transformación del neumococo tipo II en la variedad encapsulada de tipo III. Esta potencialidad se destruye inmediatamente por el tratamiento con desoxirribonucleasa, de modo que parece depender de la presencia del ácido nucleico polimerizado. Parecidas fracciones de ácido desoxirribonucleico procedentes de bacterias de la gripe hemófila producen transformaciones bacterianas, según se ha comprobado posteriormente.

BIBLIOGRAFIA

[1] LITHGOE, B. y BROWN, D. M. *J. Chem. Soc.*, 1990, 1950.

[2] OVEREND, W. G., STACEY, M. y WEBB, M. *Ibid.*, 2450, 1951.
LEE, W. A. y PEACOCKE, A. R. *Ibid.*, 3361, 1951; 130, 1952.

[3] WYATT, G. R. *Biochem. J.*, **48**, 581, 1951.

[4] CHARGAFF, E. *J. cell. comp. Physiol.*, **38**, suplemento I, 1951.
ZAMENHOF, S., SHETTLES, L. B. y CHARGAFF, E. *Nature*, **165**, 756, 1950.
CHARGAFF, E. *et al. J. biol. Chem.*, **177**, 405, 1949.
ZAMENHOF, S. y CHARGAFF, E. *Ibid.*, **186**, 207, 1950.

[5] ASTBURY, W. T. *Sym. Soc. Exp. Biol.*, I, «Nucleic Acid», 1947.

[6] FURBERG, S. *Acta chem. scand.*, **4**, 751, 1950.

[7] FRASER, R. D. B. y FRASER, M. J. *Nature*, **167**, 761, 1951.

[8] OGSTON, A. G. y CECIL, R. *J. Chem. Soc.*, 1382, 1948.

[9] CREETH, J. M., GULLAND, J. M. y JORDAN, D. O. *Ibid.*, 1382, 1948.

[10] FUOSS, R. M. y STRAUSS, U. P. *J. Polymer Sci.*, **3**, 602, 1948.

[11] JORDAN, D. O. *Trans. Faraday Soc.*, **46**, 792, 1950.
KATCHALSKY, A. *J. Polymer Sci.*, **7**, 393, 1951.

[12] SCHWANDER, H. y SIGNER, R. *Helv. chim. Acta*, **34**, 1344, 1951.

[13] KUHN, W. *Experientia*, **2**, 64, 1946.
SIGNER, R. y EGLI, H. *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, **69**, 45, 1950.

[14] BENOIT, H. Tesis, Estrasburgo, 1950; *J. Chim. Phys.*, 719, 1950.

[15] BUTLER, J. A. V. y JAMES, D. W. F. *Nature*, **167**, 844, 1951.

[16] CREETH, J. M., GULLAND, J. M. y JORDAN, D. O. *J. Chem. Soc.*, 1141, 1947.
GULLAND, J. M., JORDAN, D. O. y TAYLOR, H. F. W. *Ibid.*, 1131, 1947.

[17] ZAMENHOF, S. y CHARGAFF, E. *J. biol. Chem.*, **186**, 207, 1950.

[18] GREENSTEIN, J. P. y JENRETTE, W. V. *Cold Spr. Harb. Sym. Quan. Biol.*, **9**, 236, 1941.

[19] CONWAY, B. E. y BUTLER, J. A. V. (En prensa.)

[20] BOYLAND, E. *Ann. Rev. Biochem.*, **18**, 217, 1949.

[21] BUTLER, J. A. V. y SMITH, K. A. *J. Chem Soc.*, 3411, 1950.

[22] ELMORE, D. T., GULLAND, J. M., JORDAN, D. O. y TAYLOR, H. F. W. *Biochem. J.*, **42**, 308, 1948.
PRESS, E. M. y BUTLER, J. A. V. *J. Chem. Soc.*, 626, 1952.

[23] BUTLER, J. A. V., CONWAY, B. E., JAMES, D. W. F. y ROSS, W. C. J. *Nature*, **168**, 985, 1951.

[24] DELBRÜCK, M. *Cold Spr. Harb. Sym. Quan. Biol.*, **9**, 122, 1941.
HAUROWITZ, F. *Quart. Rev. Biol.*, **24**, 93, 1949.

[25] CALDWELL, P. G. y HINSHELWOOD, C. *J. Chem. Soc.*, 3156, 1950.

[26] HAUROWITZ, F. «Chemistry and Biology of Proteins», p. 344, Acad. Press, Nueva York, 1950.

[27] AVERY, O. T., MACLEOD, C. M. y MCCARTY, M. *J. exp. Med.*, **79**, 137, 1944.

La goma sintética

W. J. S. NAUNTON

Goma sintética es el nombre genérico de todo producto sintético que muestre las características esenciales de la goma natural, tales como su gran extensibilidad y rápida resiliencia. Es además necesario que la goma consista de cadenas moleculares largas y flexibles en una amplia zona de temperaturas. Tampoco debe tender a la cristalización. Estudio detallado del grado en que GR–S y neopreno cumplen dichos requisitos. Las nuevas gomas sintéticas hoy en desarrollo tienen especiales propiedades físicas para aplicaciones industriales y militares.

El próspero desarrollo de la industria de la goma sintética se debió a las necesidades impuestas por la guerra. Durante el conflicto de 1914–18, Alemania se vió precisada a producir goma sintética a fin de contrarrestar el bloqueo británico, y durante la última guerra los norteamericanos produjeron grandes cantidades de la misma para compensar los efectos de la ocupación de Malaya y de las Indias Orientales holandesas por los japoneses. Durante el período entre ambas guerras se consiguió la producción de gomas sintéticas que, tal como el neopreno, pueden emplearse para usos especiales bajo condiciones en que la goma natural era poco adecuada, pero las cantidades representaban solamente un reducido porcentaje de la producción total de goma.

La calidad de la goma sintética actual es tal que puede emplearse con ventaja para la producción de neumáticos y cámaras, y, puesto que los primeros representan una de las aplicaciones más importantes de la goma, es evidente que los productos sintéticos tienen ahora por vez primera la oportunidad de competir favorablemente con la goma natural.

Debemos hacer notar que la expresión «goma para aplicaciones generales» carece de significado al referirla a productos sintéticos; es útil solamente como una buena descripción de la goma natural. De hecho, la industria no requiere una goma sintética para aplicación general sino que se prefieren productos especiales para aplicaciones específicas. Si recordamos que las innumerables clases de artículos de goma han sido manufacturados según procesos basados en las características de la substancia natural, es fácil comprender que la goma natural proporciona el común denominador de todas las propiedades que se precisan en la materia prima de estos productos. Por ejemplo, básicamente la goma natural no es la materia prima ideal para la fabricación de neumáticos o de la ebonita—es solamente una goma que puede servir razonablemente para éstos y otros muchos fines. La goma sintética para fines especiales proporciona neumáticos de mayor duración, cámaras que requieren ser hinchadas con menos frecuencia y ebonitas de más alto punto de reblandecimiento. En resumen, la tendencia en la fabricación de la goma es hacia la especialización.

Hemos ya mencionado que la goma natural es superior a la mayoría de las gomas sintéticas por ser de más fácil manipulación, o sea que puede formarse y convertirse en artículo acabado con mayor facilidad. Esto, junto con los métodos empíricos y el tradicionalismo de la industria influyeron contra la adopción de los productos sintéticos, pero la opinión ha cambiado y es grande el progreso realizado. Prácticamente todas las empresas productoras poseen actualmente sus departamentos de investigación que pueden situarse entre los mejores de la industria moderna. Mucho es lo que podría decirse en favor de la producción de una goma sintética que pudiera manipularse con la maquinaria existente, ya que el capital invertido en la industria es considerable; por otra parte no hay duda de que la industria estaría preparada a modificar su maquinaria y sus procedimientos si pudiera hallarse un producto sintético que diera resultados superlativos, aunque no pudiera manipularse en las instalaciones presentes.

Característica esencial de una goma es que entre los límites de temperatura que corresponden a las manipulaciones corrientes debe consistir de largas cadenas flexibles (*Endeavour*, **11**, 93, 1952) capaces de poderse enlazar transversalmente a una estructura tridimensional mediante un tratamiento, de preferencia simple, tal como el calentamiento. La movilidad de las cadenas es muy importante ya que de ella depende la resiliencia de la goma. No debe tener tendencia a la cristalización, más exactamente, a la alineación, bajo las temperaturas de trabajo, aunque no hay objeción a la

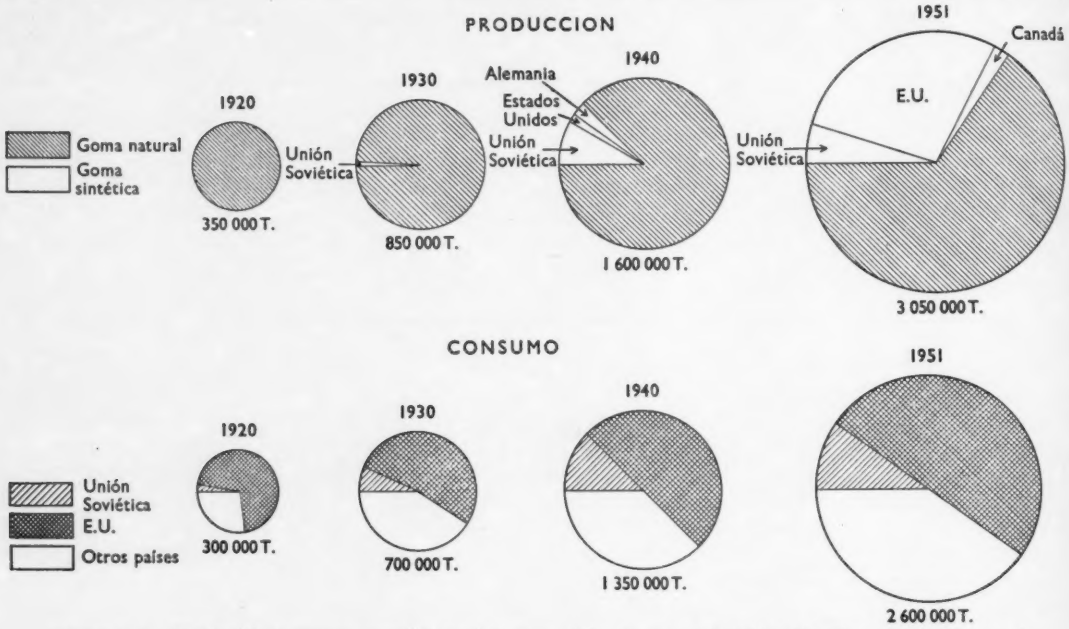


FIGURA 1 – *Producción y consumo mundial total de goma. (Con permiso del Rubber-Stichting, Delft, Holanda.)*

alineación que pueda resultar de su estiramiento. Tal alineación no debe considerarse como una propiedad invariable de la goma, ya que algunas de las gomas sintéticas aceptadas no la poseen. Generalmente, las gomas sintéticas que no se alinean con el estiramiento deben reforzarse con negro de humo; de ahí que tengan el inconveniente de no poder emplearse como goma de abastecimiento, eso es, no reforzada. El neopreno, sin embargo, que cuando está estirado muestra bajo los rayos X una estructura fibrosa, puede emplearse como goma de abastecimiento de igual manera que la goma natural, pero los polímeros del butadieno no dan estas imágenes fibrosas y por tanto no pueden emplearse similarmente. Las substancias con moléculas de cadena larga, con su reducida movilidad debido a los enlaces de hidrógeno, cristalizan al ser estiradas a la temperatura ambiente y al cesar la tensión no vuelven al estado inicial de desorden. Como resultado de este tratamiento muestran un notable aumento en su resistencia longitudinal y una gran reducción de su extensibilidad; en otras palabras, tienen entonces una resiliencia reducida y muestran una estructura fibrosa ideal. El nylón y el terileno, por ejemplo, consisten de moléculas largas que han sido puestas en alineación mediante el proceso de estirado al frío. Si en la molécula uniforme de nylón se introducen grupos adicionales irregularmente distribuídos, pierde su tendencia a una fácil alineación y se convierte en una forma elástica, que no posee la estabilidad del nylón ordinario.

Aunque el requerimiento fundamental para la resiliencia es la presencia de largas cadenas rectas no ramificadas y de gran flexibilidad, debe tomarse también en consideración otro factor. Este es la imposibilidad de que las cadenas largas se mezclen con cadenas cortas o fragmentos de cadenas que dificultarían el movimiento de las primeras para volver a su posición desordenada o de máxima entropía. Estas cadenas cortas pueden provenir ya de una polimerización defectuosa o, más tarde, por fractura de la cadena durante la maduración. Es pues esencial seleccionar las condiciones de polimerización que den una distribución molecular estrecha, semejante a la de la goma natural; pero en general no hay necesidad de considerar la fractura de la cadena, ya que por lo común la maduración de las gomas sintéticas por fractura debida a la oxidación, como algo distinto de la causada por la formación de gel debida a enlaces transversales, es mucho más lenta que para la goma natural. El requerimiento primordial, o sea la producción de largas cadenas rectas, no es fácil de conseguir. No se sabe cómo la goma (*cis*-poliisopreno) y la gutapercha (*trans*-poliisopreno) se producen en sus árboles respectivos, pero sabemos que el árbol ejerce un perfecto

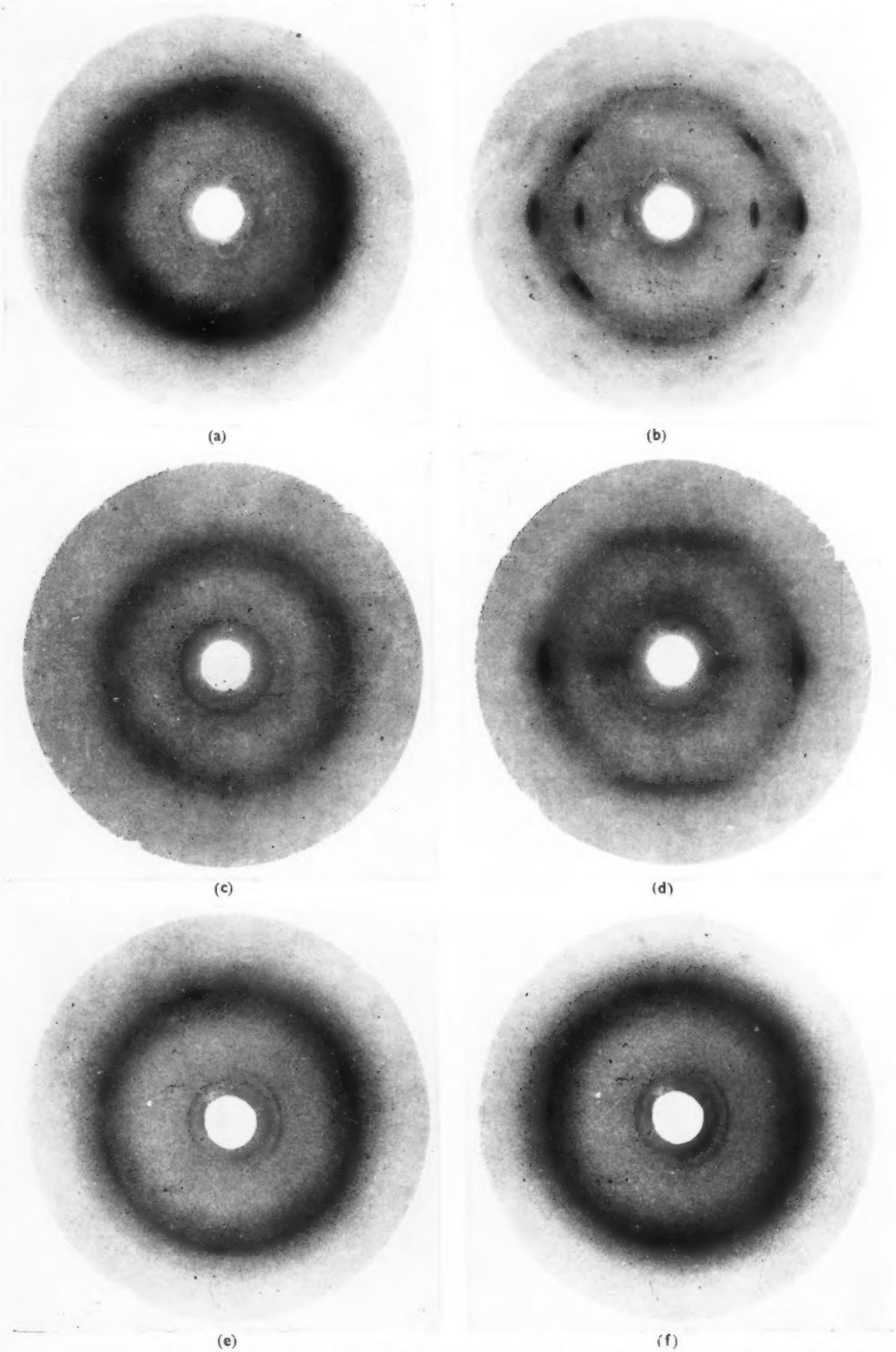


FIGURA 2 – (a) *Goma natural no reforzada. Sin estirar.* (b) *Goma natural no reforzada. Estirada* 300%. (c) *Neopreno no reforzado. Sin estirar.* (d) *Neopreno no reforzado. Estirado* 300%. (e) *Goma GR–S no reforzada. Sin estirar.* (f) *Goma GR–S no reforzada. Estirada* 100%. (*Máximo alargamiento posible.*)

(*Fotografías a rayos X.*)

control sobre la producción de largas cadenas rectilíneas. Es interesante observar que recientemente Leeper ha hallado que el árbol del chicle o sapodilla (*Achras sapota*) puede producir simultáneamente ambos polímeros, *cis* y *trans*, mezclados, pero no se conoce ningún caso de un árbol que produzca una mezcla de polímeros aparte de los estéreo-isómeros.

La goma más usada generalmente durante el período de la segunda guerra, conocida en Alemania como Buna-SIII y en los Estados Unidos como GR–S, es un co-polímero del butadieno ($CH_2{:}CH.CH{:}CH_2$) y del estireno ($C_6H_5.CH{:}CH_2$), y se halló que tenía una estructura compleja con considerables ramificaciones transversales. Los investigadores alemanes descubrieron que la ramificación podía reducirse conduciendo la polimerización en emulsión a temperaturas inferiores a las generalmente empleadas, pero este método no se puso en práctica ya que la reacción requería entonces varios días. Hace unos diez años, se observó independientemente en Inglaterra, Estados Unidos y Alemania, que la catálisis por reducción-oxidación podía aplicarse a las polimerizaciones en emulsión. Este método era tan rápido que no podía aplicarse a la técnica existente de la polimerización en emulsión a granel y en Alemania se introdujeron dos nuevas variantes en el procedimiento: (a) un procedimiento continuo en tubería que permitía realizar un enfriamiento eficaz; y (b) un proceso discontinuo a más bajas temperaturas. El segundo procedimiento dió un buen producto sin requerir un mayor tiempo para la reacción; se aplicó con gran éxito en los Estados Unidos al proceso GR–S, conduciendo a lo que hoy se conoce por goma fría. La investigación mediante métodos físicos, especialmente rayos X, y por análisis químico de los productos de oxidación ha demostrado que la goma fría posee una estructura menos compleja, y por tanto más deseable, que la GR–S. Es particularmente apropiada para neumáticos y en combinación con una forma adecuada de negro de humo proporciona un kilometraje mayor que la goma natural.

Un desarrollo reciente en el campo de la GR–S es la producción de calidades adulteradas al aceite. Mezclando una emulsión de aceite mineral con el polímero en su estado de látex el producto coagulado final es más manejable en la fábrica de goma y así puede emplearse un polímero de calidad mejor y más resistente. Ello abarata también el producto, sin pérdida de calidad.

Un producto sintético extremadamente útil para las cámaras es la goma butílica. En Alemania se demostró que el *iso*butileno

$$\left(\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!\!>C{:}CH_2\right),$$

un producto derivado de la refinación del petróleo y un intermedio en la producción de los combustibles ricos en octano, podía polimerizarse en masa mediante un catalizador de fluoruro bórico a temperaturas muy bajas, produciendo una substancia algo parecida a la goma sintética. Pero debido a la ausencia de centros no saturados, no podía ser vulcanizada y era termoplástica. Más tarde, en los Estados Unidos se descubrió que la co-polimerización del *iso*butileno con butadieno, o mejor con isopreno

$$\left(CH_2{:}C\!<\!\begin{matrix}CH_3\\CH{:}CH_2\end{matrix}\right),$$

daba un producto que podía vulcanizarse lentamente. Este producto se describe como goma butílica, y aunque es de manipulación más difícil de lo que al principio se suponía ha quedado ahora establecida como la mejor goma para cámaras de neumático. Es interesante observar que mientras esta técnica de disolvente para el butilo fué considerada como única, ahora parece como si la polimerización en disolución con los nuevos catalíticos orgánico-sódicos habrá de reemplazar con el tiempo la técnica de la emulsión. Las cámaras fabricadas con tal goma mantienen la presión por un tiempo diez veces mayor que las de goma natural.

Otra goma sintética muy importante es el neopreno, que se desarrolló en los Estados Unidos poco después de 1920. Se obtiene mediante la polimerización en emulsión del cloropreno

$$\left(CH_2{:}CH.C\!<\!\begin{matrix}Cl\\CH_2\end{matrix}\right).$$

Es mucho más resistente a los aceites que la goma natural y debido a su elevado contenido de cloro es a prueba de llama; además no la atacan las hormigas blancas, lo que debe tenerse presente en las aplicaciones tropicales. El neopreno es muy empleado en la industria y no hay duda de que si el neopreno fuera obtenible en cantidad suficiente se hallarían muchas más aplicaciones para su uso. Otras gomas resistentes a los aceites, igualmente obtenidas según la técnica de la polimerización en emulsión, son los co-polímeros del butadieno-acrilonitrilo, tales como la Buna-N y el Hycar. Son más eficaces que el neopreno para ciertas aplicaciones y poseen la ventaja de ser miscibles con el cloruro de polivinilo.

La última variedad importante de las gomas sintéticas es el grupo de los co-polímeros del butadieno-estireno con un elevado contenido del último. No es quizás correcto describirlos como gomas, ya que carecen de resiliencia y más bien se parecen a las resinas; de hecho son polistirenos plastizados al interior. Su aplicación más importante es en combinación con el GR–S o con la goma natural para la producción de suelas y tacones con muchas de las propiedades del cuero. Su látex después de pigmentado se emplea en pinturas lavables, de gran adherencia y de secado rápido, para la decoración interior.

Es interesante especular sobre el futuro de las gomas sintéticas. En los Estados Unidos se están invirtiendo grandes sumas destinadas a las investigaciones en este campo y es curioso notar que el problema es enfocado desde dos puntos de vista al parecer diametralmente opuestos: el empleo, por una parte, de tres e incluso de cuatro monómeros, y, por otra, del butadieno solamente. En vista de la incertidumbre de la situación internacional cada vez se presta mayor importancia a las propiedades de las gomas sintéticas bajo temperaturas árticas y a su resistencia a los aceites, medida en relación con los combustibles especiales empleados en los aviones de reacción y en proyectiles dirigidos. El problema ha sido resuelto en parte por las gomas modernas de silicón, las cuales son, sin embargo, demasiado caras para uso general.

Se concentra igualmente el interés sobre las gomas de condensación (*Vulkollans*) desarrolladas en Alemania durante la última guerra. Estos productos poseen notables propiedades físicas de gran utilidad, tales como elevada resistencia y notable resiliencia y son resistentes al desgaste y a la abrasión. Poseen igualmente serios defectos, probablemente debidos a un reducido número de enlaces transversales y a una tendencia a la hidrólisis. No se sabe claramente cómo pueden superarse tales defectos, ya que cualquier paso para proteger los grupos éster mediante un acercamiento más íntimo produciría una pérdida de elasticidad.

Las posibilidades de una industria de goma sintética en la Gran Bretaña dependen de la facilidad de obtención de materias primas, de las cuales las principales son el etileno, acetileno, butileno y benceno. Algunos de estos hidrocarburos se producen en la refinación del petróleo y muchos de ellos pueden obtenerse durante la pirogenación del petróleo o de los aceites derivados de la hulla.

Revista de libros

BIOLOGIA

BRAMBELL ROGERS, W. F., HEMMINGS, W. A., y HENDERSON, M. *Antibodies and Embryos*. 103 págs., con diversos diagramas a línea. Universidad de Londres. The Athlone Press, Londres. 1952. 12s. 6d.

En esta obra, los autores presentan concisamente sus investigaciones sobre la transferencia de anticuerpos de la madre al feto. La base del libro la forman las conferencias dadas por Brambell en la Universidad de Londres durante Octubre de 1950. Sus estudios presentan en una luz nueva el paso de los anticuerpos maternos al conejo recién-nacido y, según sus propias palabras, «la teoría que relaciona la transferencia de inmunidad a la estructura placental fracasa por completo en el caso del conejo.»

Los capítulos iniciales, que incluyen investigaciones originales, tratan de la anatomía y fisiología de la reproducción en el conejo y sirven de fondo a los estudios siguientes. Brambell desarrolla luego la presentación de sus propios experimentos y las delicadas técnicas operatorias por él desarrolladas. Finalmente, nos ofrece sus teorías sobre las más amplias implicaciones de estos trabajos. Hace notar que los resultados de los experimentos en el conejo no deben considerarse necesariamente válidos para otras especies; en verdad, el tema central del libro es que la semejanza estructural no indica necesariamente una semejanza funcional. El volumen concluye con una bibliografía muy útil. En conjunto ésta es una obra estimulante y valiosa, esencial para los investigadores interesados en el tema de la permeabilidad placental.

R. M. CALMAN

BOTANICA

BONNER, J. y GALSTON, A. W. *Principles of Plant Physiology*. 499 págs., con numerosas figuras en el texto. Freeman and Company, San Francisco; Bailey Bros and Swinfen, Londres. 1952. 47s.

Los autores del presente curso de fisiología vegetal afirman que todo texto elemental debe aproximarse lo más posible a una síntesis de los conocimientos presentes, organizada bajo la forma de una hipótesis general aceptable; lo cual — aseguran — puede y debe conseguirse sin dogmatismo. Pero es difícil admitir que una disciplina tan diversa y que progresa tan rápida y multidireccionalmente como la fisiología vegetal pueda encerrarse en una unidad conceptual; es más, debido a la naturaleza de la misma es de temer que un intento tal produzca más daño que beneficio.

Al poner en práctica dicha doctrina, los autores no cumplen su amenaza; no se someten a la camisa de fuerza. La elección de los temas es razonable y actual; el lenguaje, simple y directo. El resultado es, sin embargo, paralizar toda tendencia que en el estudiante pueda haber hacia la investigación original al suministrarle las respuestas de toda pregunta antes de que haya llegado a formulársela.

La característica más sobresaliente del libro son sus numerosas ilustraciones, trazadas con una confianza notable. Son de una claridad tanto más lamentable cuanto que su base científica es más que sospechosa. De todo hay ilustraciones innecesarias, desconcertantes, erróneas y sandias. ¿Es necesario, por ejemplo, presentar la energía metabólica como una descarga eléctrica; o una cadena de amilasa perdiéndose en perspectiva hacia el infinito? ¿Por qué ilustrar el pelo de la raíz en regular disminución de longitud a partir de un máximo cerca del ápice de la raíz; y qué ayuda la presentación del grupo prostético de una enzima como un cubo unido a una naranja? Tales fantasías pueden causar grave confusión al estudiante primerizo. La ilustración de la corriente transpiratoria parece sugerir que el engrosamiento espiral de los conductos da un giro espiral al agua ascendente, teoría novel que los autores no pueden haber considerado seriamente. Pero aun esto es dudoso cuando contemplamos en la misma página el dibujo increiblemente erróneo de un estoma. No es quizás acostumbrado formarse una idea del valor de un libro de texto por sus ilustraciones, pero en este caso la agresividad de las mismas es tal que es físicamente casi imposible leer el texto que las rodea. En el caso — más que dudoso — de que el daño que puedan producir en el estudiante encontrará su remedio en la más inspirada exposición textual.

W. O. JAMES

Carbon Dioxide Fixation and Photosynthesis. Simposium de la *Society for Experimental Biology*, v. 342 págs., con diversas planchas y numerosos diagramas a línea. Cambridge University Press, Londres. 1951. 42s.

Los temas tratados en este Simposium representan una sección muy amplia e interesante de los recientes estudios metabólicos. Tanto el contenido como el tratamiento de las veintiuna monografías varían grandemente, pero todas ellas son obra de eminentes investigadores en tales temas. Las cinco primeras se refieren a la fijación biológica del anhídrido carbónico mediante procesos independientes de la luz, fenómeno muy extendido entre los animales, bacterias y plantas, y no en cantidades despreciables. Es la causa de la gran acumulación de ácidos vegetales en las *Crassulaceae*, pero su significación biológica es aún desconocida. Las restantes monografías estudian la fotosíntesis en sus diversos aspectos físico-químicos y en los sistemas de más marcado carácter biológico. Los resultados de las investigaciones recientes con anhídrido carbónico etiquetado con C^{14}, que en la actualidad parecen irse organizando en sistemas aceptables, están presentados a partir de dos fuentes independientes. Pero el esfuerzo por determinar las máximas eficiencias quánticas es mucho menos armónico, presentándose las opuestas teorías con gran riqueza de detalles experimentales, necesarios para el especialista en un tema tan debatido, pero confusos para quien no lo sea.

En suma, este es el valioso resultado de una conferencia importante organizada por una sociedad cuyo campo de interés es el ámbito total de la biología experimental.

W. O. JAMES

NEWTON, LILY. *Seaweed Utilization.* 188 págs., con numerosas ilustraciones a línea y medio-tono. Sampson Low, Marston, and Company Limited, Londres. 1951. 21s.

Este libro presenta un estudio no técnico de las algas y del uso que el hombre ha hecho de ellas. Los ejemplos cubren un terreno muy amplio, desde su uso como alimento entre los chinos tres siglos antes de Cristo hasta las más recientes utilizaciones de los productos alginados tales como el rayón textil.

Su autora, la Profesora Lily Newton, es autoridad reconocida en los estudios de las algas marinas británicas y se distinguió en las investigaciones sobre la riqueza algal en la Gran Bretaña realizadas durante la pasada guerra. Ciertos capítulos sobre temas especiales son obra de notables investigadores de los mismos: J. B. Speakman escribe sobre el rayón algal, S. M. Marshall y A. P. Orr sobre el cultivo artificial de las algas marinas; K. A. Pyefinch sobre los destrozos que causan las algas y los medios de defensa, y en un apéndice, M. Knight trata de las algas pardas mayores de las costas británicas.

Es de notar que aunque las algas se utilicen normalmente en algunos distritos como productos agrícolas — en las Islas de Arran, por ejemplo — presentan grandes dificultades para su uso industrial entre los países occidentales. No sólo su recolección es únicamente posible durante un período de unas dos horas en las mareas bajas, y se hace imposible durante el mal tiempo y en los días cortos, sino que además la materia prima es húmeda y pesada y debe secarse antes de ser enviada al mercado. En tiempos de crisis nacional dichas dificultades pueden quizás salvarse, pero en época normal, los factores económicos hacen que se abandone la recolección. Durante las guerras napoleónicas floreció en las costas occidentales de las Islas Británicas la industria algal, pero volvió a decaer durante el siguiente período de paz. La escasez de potasa durante la guerra de 1914–18 resucitó el interés en las algas pardas, pero de nuevo volvió a decaer la industria al reanudarse la importación de dicho producto. Durante la última guerra, el suministro de agar-agar, que casi se había convertido en un monopolio japonés, requirió otra vez la utilización de las algas que, derivadas de los apropiados algares de Gran Bretaña, Norteamérica y Australia, pronto produjeron agar de excelentes cualidades. Es de esperar que las dificultades de recolección no causen una vez más la desaparición de dicha industria.

El libro está lujosamente ilustrado con 74 planchas a medio-tono, muchas de ellas de considerable mérito artístico e interés técnico. El elevado precio de la obra, en relación con su extensión, resulta quizás del gran número de ilustraciones. Es de lamentar la falta de un índice y la presencia de algunos errores de redacción.

T. G. B. OSBORN

VAVILOV, N. I. *The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants.* (Traducción inglesa de K. Starr Chester,) VIII + 364 págs. The Chronica Botanica Company Inc., Waltham, Mass.; Wm. Dawson and Sons Limited, Londres. 1951. $7,50.

Esta obra es la traducción de la contribución de Vavilov a un Simposium por él editado sobre «La base

científica del cultivo vegetal» en un volumen de 2500 páginas aparecido en Moscú en 1935. En 1940, poco antes de su desaparición, Vavilov organizó con quien estas líneas escribe la traducción en Rusia de la obra, en la esperanza de poder publicarla en Inglaterra. La traducción se publica ahora en Norteamérica.

La producción toda de Vavilov encuentra su foco en estas 364 páginas: su comprensión de la sistemática botánica, de su base genética, de su influencia en el origen y porvenir de las plantas de cultivo, en su fisiología y distribución geográfica, especialmente las complejas relaciones entre dichas plantas y sus pestes y enfermedades y los cambiantes métodos de cultivo y utilización.

Es evidente que ésta es la obra más importante sobre las plantas de cultivo aparecida desde Darwin y de Candolle. Pero la novedad científica que se encierra en el amplio tratamiento de Vavilov es algo que tardará en ser reconocido. Sirva sin embargo de señal para quienes como nosotros sienten cierto recelo ante la esterilizadora especialización de los científicos modernos: he aquí un hombre que conoce como nadie el tema (al parecer muy limitado) del trigo; pero lo conoce desde la China al Perú, desde las poblaciones lacustres suizas a los más modernos procesos de panificación norteamericanos, desde los microscópicos cromosomas a las enfermedades de los sembrados. Y este conocimiento se ha convertido en una inspiración no sólo para el trigólogo, o el agrónomo, o el botánico, o el agricultor, sino para todo el que se interese en la historia y progreso humanos.

La presente publicación es un monumento a Vavilov y a la ciencia rusa en general durante el período entre la revolución y lo que pudiéramos llamar la nueva era de la reglamentación.

C. D. DARLINGTON

CRISTALOGRAFIA

PORTER, M. W. y SPILLER, R. C. (Compiladores). *The Barker Index of Crystals*. Volumen I. Dos partes: 500 + 1000 págs. W. Heffer and Sons Limited, Cambridge. 1952. 120s.; la Parte I sola, 30s.

El sistema de análisis cristalo-químico de T. V. Barker se basa enteramente en el estudio del desarrollo de las caras. Algunas reglas, de las que la más importante es la que asigna los llamados índices simples al número máximo de planos desarrollados, permiten a los investigadores independientes elegir ejes y símbolos faciales para cualquier cristal, del mismo modo que lo han hecho los continuadores de Barker que han compilado este catálogo, y por tanto seleccionar entre los numerosos ángulos interfaciales los usados para su clasificación en el índice.

El Volumen I trata de 3000 cristales, la mayor parte orto-rómbicos y el resto tetragonales, hexagonales y trigonales. Más adelante, otros volúmenes tratarán de otros 5000 cristales, principalmente monoclínicos.

La Parte I, encuadernada separadamente, contiene una introducción elemental a la cristalografía, escrita por L. W. Codd, con el propósito de mostrar a todo principiante que los conocimientos técnicos necesarios para la aplicación del método no son de difícil adquisición. Los especialistas encuentran un estudio más avanzado en las páginas de M. H. Hey. En adición a los ángulos de clasificación, la Parte I incluye tablas de densidades, puntos de fusión y propiedades ópticas.

La Parte II contiene descripciones de cada substancia cristalina. Incluye en forma condensada todos los datos de la *Chemische Kristallographie* de Groth, con correcciones, y referencias cruzadas a los datos radiográficos ASTM. Producto de muchos años de trabajo de los compiladores y sus colaboradores, este libro ha de ser muy útil como obra de referencia a todos los cristalógrafos, aparte de su uso en los estudios analíticos.

H. M. POWELL

FISICA

BUTLER, J. A. V. (Compilador). (Colaboradores: Bockris, J. O'M., Bolam, T. R., Charlwood, P. A., Creeth, J. M., Floyd, W. F., McEwen, M. B.) *Electrical Phenomena at Interfaces*. 309 págs. Methuen and Company Limited, Londres. 1951. 32s. 6d.

Este libro es una edición revisada y muy ampliada de otra del compilador, *Electrocapillarity*. Comienza con dos capítulos sobre el origen de los potenciales del límite de fase, la doble capa eléctrica y la electrocapilaridad, incluyendo un breve resumen de la teoría de Debye-Hückel; continúa luego tratando de la electrokinesis con una relación detallada del estudio y purificación de las proteínas por electroforesis y una breve nota sobre los cristales iónicos; sigue luego un sumario de las doctrinas modernas sobre la estabilidad de las suspensiones liofóbicas. La sección siguiente contiene tres capítulos sobre los fenómenos electródicos irreversibles; los que tratan del superpotencial y de las películas de oxígeno e hidrógeno sobre superficies electródicas parecen muy completos y actuales; pero el que trata de la polarización por concentración y la deposición de metales es quizás menos completo. Tanto se quiere abarcar en estos estudios que a veces producen la impresión de notas inconexas, pero su cuidadosa lectura permite seguir la hilazón del argumento. Se incluyen además numerosas referencias. La obra termina con dos capítulos sobre los potenciales de membrana y los fenómenos eléctricos en la superficie de las células vivas, con especial referencia a los procesos excitativos en músculos y nervios.

Este libro es muy valioso por los temas de que trata y su presentación, por lo común más completa y actual que otras publicadas. Ha de ser de gran utilidad para los físico-químicos y biólogos como libro de texto sistemático y como obra de referencia. El plan y presentación es mucho mejor que los acostumbrados en obras de varios autores, y el precio es moderado.

N. K. ADAM

FERMI, E. *Elementary Particles*. 110 págs. Oxford University Press, Londres. 1951. 12s. 6d.

Era característico del pasado siglo que los grandes figuras de la física teórica fuesen también los pioneros de la investigación experimental. Mencionando sólo nombres de físicos británicos, nos vienen enseguida a la mente los de Stokes, Kelvin, Rayleigh y J. J. Thomson. Pero esto es ahora algo excepcional, y Enrico Fermi representa el ejemplo más notable. Su valía como experimentador es incuestionable, pero su mérito mayor consiste en la precisión con que presenta al experimentador el punto de vista y el propósito del físico teórico. La física teórica moderna tiene una triple dificultad: usa técnicas matemáticas difíciles; los conceptos con que trabaja son abstractos y muy apartados de la experiencia cotidiana; y, lo que es peor, dichos conceptos no están precisamente formulados y deben por tanto aplicarse más bien intuitiva que lógicamente. En ningún aspecto es esto más evidente que en el estudio de las llamadas

partículas elementales, estudio que pretende explicar y, si es posible, predecir las propiedades de un grupo de entes con nombres que terminan en «ón» y que son, de una manera un tanto indefinible, los ladrillos con que construye la física moderna.

No hace mucho tiempo, el mundo parecía componerse de electrones y protones solamente, a menos que los quanta o fotones se considerasen lo suficientemente permanentes para ser tomados en cuenta. Pero hoy nos hallamos muy lejos de tal simplicidad; primero, el positrón; luego el neutrón; y ahora la infinidad de mesones, de los que se descubre casi todos los meses una nueva variedad. Total, un cuadro de grande confusión.

El positrón había sido preformulado por Dirac y encaja por tanto dentro del esquema teórico; el neutrón había sido sospechado por Rutherford, aunque en términos muy generales. Los mesones, cuya existencia sugirió Yukawa sobre una base teórica, han resultado algo muy distinto de lo que imaginó su postulador. Existe un considerable aire de familia entre todas las teorías que pretenden explicar dichas partículas, pero es justo decir que todas ellas presentan características que si bien se basan en exigencias experimentales, no parecen desarrollarse naturalmente de las concepciones básicas.

Fermi presenta dichas doctrinas al físico experimental con un mínimo de técnica matemática y un máximo de lucidez, pero, con toda su maestría, no consigue que el libro sea de fácil lectura. Sin embargo es una obra fundamental para todo el que desee conocer la dirección en que marcha la física teórica y quiera comprender las razones que se ocultan detrás de las enigmáticas afirmaciones de sus cultivadores. G. P. THOMSON

DE GROOT, S. R. *Thermodynamics of Irreversible Processes.* 242 págs. North-Holland Publishing Company, Amsterdam. 1951. Fl. 17,50.

Las leyes termodinámicas tratan de las propiedades de la materia en equilibrio y de los cambios que se producen en un sistema físico que pasa de un estado de equilibrio a otro. Pero existe todo un género de fenómenos físicos que implican procesos de estado estable, a diferencia de los procesos de equilibrio. Característica esencial de esos fenómenos es que se trata de procesos irreversibles, tales como la conducción y la difusión térmicas.

El primer estudio de dichos fenómenos fué el que Kelvin realizó de los efectos termoeléctricos, considerando que los efectos irreversibles podían separarse de los reversibles, a los que era posible aplicar las leyes termodinámicas. Dicha hipótesis fué comprobada cuando se compararon los resultados teóricos con los experimentales; más tarde se aplicó al examen de otros fenómenos en los que se producían efectos irreversibles: constituía una regla práctica y aproximada, pero se desconocía en qué se basaba su validez.

El posterior desarrollo se debe al Profesor Onsager, que aplicó el principio general de la reversibilidad microscópica de la mecánica al establecimiento de ciertas relaciones macroscópicas entre los parámetros usados para la descripción de los procesos irreversibles. Estas relaciones recíprocas se utilizan en conjunción con las ecuaciones de la producción de entropía y del flujo de entropía en procesos irreversibles determinados para establecer ecuaciones que describan el fenómeno. Se obtiene así un proceso general descriptivo que explica además por qué el método de Kelvin produce resultados válidos.

Esta obra es el primer estudio sistemático en inglés de dichos avances en la termodinámica, producto de la pluma de un investigador que ha realizado importantes trabajos en la materia. Los dos primeros capítulos tratan de los fundamentos de la teoría; los siete siguientes estudian la aplicación de la teoría general a una gran variedad de temas físicos y químicos; en los dos finales, se vuelven a examinar críticamente los fundamentos de la teoría. Se incluye además una muy completa bibliografía de publicaciones sobre este tema. A. R. MILLER

ZOOLOGIA

TINBERGEN, N. *The Study of Instinct.* The Clarendon Press, Oxford. 1951. VII + 228 págs. 25s.

Es totalmente imposible hacer justicia en una corta nota a la gran riqueza de datos y de ideas que se encierra en esta obra. Su autor intenta presentar una síntesis de las observaciones directas y estudios experimentales sobre la etología animal realizados durante los últimos doce años, principalmente en Europa central y bajo la influencia de K. Lorenz. El libro está destinado al zoólogo, pero también tiene interés para el fisiólogo y el psicólogo, y en general para todo el que considere seriamente el estudio sistemático del comportamiento de los seres vivos desde el punto de vista de su causación, como a menudo indica su autor.

En este volumen Tinbergen estudia principalmente el comportamiento («el total de los movimientos realizados por el animal intacto») que no está influído por la experiencia. La doctrina general es que tal comportamiento se debe a una combinación de factores externos (estímulos) que pueden tener una función iniciadora y directriz, y factores internos (llamados alternativamente actividades motivacionales o neurológicas). Hay numerosos ejemplos de ambos, solos o en combinación, procurándose siempre llegar a principios aceptados de su acción e interacción. Las páginas posteriores tratan del desarrollo de la conducta, de la propiedad de la adaptabilidad en la conducta y de los problemas de la evolución general de la misma.

La obra esta magníficamente presentada, con numerosas ilustraciones y completa bibliografía.

Este volumen es, con mucho, la contribución más importante que sobre este tema se ha publicado en lengua inglesa desde hace mucho tiempo.

F. C. BARTLETT

Libros recibidos

(*Nota.* La mención de un libro en esta sección no excluye su futura revista.)

AGRICULTURA

FRANKLIN, MARY T. *The Cyst-forming Species of Heterodera.* 147 págs., con diversas ilustraciones a línea y medio-tono. Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, Bucks. 1951. 18s. 6d.

Some Crop Protection Problems in World Agriculture: International Conference. 116 págs. Plant Protection Limited, Londres. 1952. 18s.

ASTRONOMIA

LOVELL, BERNARD y CLEGG, J. A. *Radio Astronomy.* 238 págs, con numerosas ilustraciones a línea y medio-tono. Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 16s.

BIOLOGIA

CAULLERY, MAURICE. *Parasitism and Symbiosis.* 340 págs., con diversos diagramas a línea. Sidgwick and Jackson Limited, Londres. 1952. 35s.

LAWLER, SYLVIA D. y LAWLER, L. J. *Human Blood Groups and Inheritance.* 85 págs. William Heinemann Limited, Londres. 1952. 3s. 6d.

OVEREND, W. G. *The Use of Trace Elements in Biology.* 57 págs. William Heinemann Limited, Londres. 3s. 6d.

PACE, EDGARDO. *Gli Ormoni.* 543 págs., con varias ilustraciones a línea y medio-tono. Ulrico Hoepli, Milán. 1952. Liras 3500.

RIPPEL-BALDES, AUGUST. *Grundriss der Mikrobiologie.* 404 págs., con numerosos dibujos a línea e ilustraciones en medio-tono. Springer-Verlag, Berlín. 1952. DM 36.

BOTANICA

CRANE, M. B. y LAWRENCE, W. J. C. *The Genetics of Plants.* 301 págs., con diversas ilustraciones a línea y medio-tono. Macmillan and Company Limited, Londres. 1952. 20s.

MEYER, FRITZ JÜRGEN. *Kulturtechnische Botanik.* 264 págs. Naturwissenschaftlicher Verlag, Berlín. 1951. DM 9.

CIENCIA GENERAL

ALIMEN, H. *Atlas de Préhistoire* (Vol. 1). 205 págs., con numerosas ilustraciones a línea, medio-tono y color. Edition N. Boubée et Cie., París. 1950. Frs. 900.

AVELEYRA ARROYO DE ANDA, LUIS. *Prehistoria de México.* 167 págs., con diversas ilustraciones a línea y medio-tono. Ediciones Mexicanas, México. 1950. $20.00 M.Mex.

The Concept of Man and the Philosophy of Education in East and West. 7 págs. The Indian Institute of Culture, Basarangudi, Bangalore. 1952. 12 annas.

HITCHINS, H. L. y MAY, W. E. *From Lodestone to Gyrocompass.* 219 págs., con numerosos diagramas a línea y planchas a medio-tono. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres. 1952. 12s. 6d.

HUGHES, L. E. C. y BREMNER, JEAN P. *Hutchinson's Pocket Technical Encyclopaedia.* 182 págs. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres. 1952. 7s. 6d.

CLOW, ARCHIBALD y CLOW, NAN. *The Chemical Revolution.* 680 págs., con numerosas ilustraciones a medio-tono. Batchworth Press Limited, Londres. 1950. 50s.

WINTER, H. J. J. *Eastern Science—An Outline of its Scope and Contribution.* 114 págs. John Murray, Londres. 1952. 4s. 6d.

FISICA

ASTBURY, N. F. *Industrial Magnetic Testing.* 132 págs., con diversos diagramas a línea. The Institute of Physics, Londres. 1952. 25s.

CLARKE, NORMAN. *Physics as a Career.* 70 págs., con diversas ilustraciones a medio-tono. The Institute of Physics, Londres. 1952. 6s.

ZELLER, M. *Text Book of Photogrammetry* (Traducción de E. A. Miskin y R. Powell). 281 págs., con numerosas ilustraciones a línea y medio-tono. H. K. Lewis and Company Limited, Londres. 1952. 50s.

INDUSTRIA

Identification of Textile Materials (Tercera Edición). 94 págs., con 64 ilustraciones a medio-tono. The Textile Institute, Manchester. 1951. 10s. 6d.

Review of Textile Progress, Volumen II — 1950. 482 págs. The Textile Institute and the Society of Dyers and Colourists, Londres. 1951. 25s.

INGENIERIA

ASTUNI, ENRICO. *Elettrotecnica.* 273 págs., con numerosas ilustraciones a línea y medio-tono. Tumminelli, Roma. 1951. Liras 2500.

Foundations of High Speed Aerodynamics. Facsímiles de 19 estudios fundamentales impresos en revistas científicas. Con una bibliografía compilada por George F. Carrier. 286 págs. Dover Publications Inc., Nueva York. 1952. $1,75.

MATEMATICAS

BELL, E. T. *Mathematics — Queen and Servant of Science.* 437 págs. G. Bell and Sons Limited, Londres. 1952. 21s.

MEDICINA

Supplement 1952 *to the British Pharmaceutical Codex*, 1949. 148 págs. The Pharmaceutical Press, Londres. 1952. 25s.

QUIMICA

BURKE, O. W., JR., STARR, C. E., JR. y TUEMMLER, F. D. (Compiladores). *Light Hydrocarbon Analysis.* 639 págs. Reinhold Publishing Corporation, Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1951. 120s.

COOK, J. W. (Compilador). *Progress in Organic Chemistry*, I. 287 págs. Butterworths Scientific Publications, Londres. 1952. 50s.

FRIEDEL, ROBERT A. y ORCHIN, MILTON. *Ultraviolet Spectra of Aromatic Compounds.* 52 págs., con una colección de 572 diagramas de espectros. John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 80s.

MARYOTT, ARTHUR A. y SMITH, EDGAR R. *Table of Dielectric Constants of Pure Liquids.* 44 págs. National Bureau of Standards, Wáshington. 1951. 30 cents.

TECNOLOGIA

GOODING, E. J. y MEIGH, E. (Compiladores). *Glass and W. E. S. Turner.* 144 págs. The Society of Glass Technology, Sheffield. 1951. 20s.

IRVING SAX, N. *Handbook of Dangerous Materials.* 848 págs. Reinhold Publishing Corporation, Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1951. 120s.

WEYL, WALDEMAR A. *Coloured Glasses.* 541 págs., con numerosos diagramas a línea. The Society of Glass Technology, Sheffield. 1951. 25s.

Notas sobre los colaboradores

M. RYLE

Nació en 1918 y estudió en el *Christ Church College* de Oxford. De 1939 a 45 trabajó en las investigaciones y desarrollo del radar, pasando luego al Laboratorio Cavendish, donde inició los estudios sobre radioastronomía. En 1949 obtuvo una beca para investigaciones en el *Trinity College* de la Universidad de Cambridge. Es Profesor Auxiliar de Física en dicha universidad.

J. A. RATCLIFFE

Nació en 1902 y estudió en el *Sidney Sussex College* de la Universidad de Cambridge, del que es miembro desde 1927. En dicha fecha fué nombrado Ayudante en el Laboratorio Cavendish, siendo en la actualidad Profesor Auxiliar de Física y Director de investigaciones sobre radio. En 1924 inició sus trabajos bajo Sir Edward Appleton sobre la física de la ionosfera. De 1939 a 45 se ocupó en investigaciones relacionadas con el radar. Desde 1945 ha continuado sus estudios ionosféricos en la Universidad de Cambridge.

M. W. TRAVERS

Nació en 1872 y estudió en las Universidades de Londres y Nancy. Catedrático Auxiliar de Química de la Universidad de Londres desde 1898 a 1904; Catedrático de Química de la Universidad de Bristol de 1904 a 1906. Director del *Indian Institute of Science* desde 1906 a 1914. Director científico de la compañía *Duroglass Limited* de 1914 a 1919. Presidente de la *Society of Glass Technology* en 1922 y de la *Faraday Society* en 1936. Colaboró con Sir William Ramsay en el descubrimiento de los gases raros.

ANDRÉ LWOFF

Nacido en 1902. Estudió en las Facultades de Medicina y de Ciencias de la Universidad de París. Miembro del *Institut Pasteur*, del que es en la actualidad Jefe del Departamento de Fisiología de los micro-organismos. Recibió una beca de la Fundación Rockefeller con la que realizó estudios en el *Kaiser Wilhelm Institut* de Heidelberg y en el *Molteno Institute* de Cambridge en 1933 y 1936 respectivamente. Profesor en la Universidad de Harvard en 1938.

Sus investigaciones han tratado del ciclo evolutivo y la morfogénesis de los ciliados, la nutrición de los protozoarios, los factores del crecimiento bacteriano y su función fisiológica, y las bacterias lisógenas. Entre sus libros se encuentran: *L'Evolution Biochimique* (Paris, 1944), *Problems of Morphogenesis in Ciliates* (Nueva Yerk, 1950), y *Biochemistry of Protozoa* (Nueva York, 1951).

N. B. MARSHALL

Nació en 1915 y estudió en el *Downing College* de la Universidad de Cambridge. En 1937 ingresó en el personal del Departamento de Oceanografía de la Universidad de Hull, Inglaterra, donde hizo investigaciones sobre las poblaciones de plancton en el Mar del Norte y aguas afines. En 1944 fué designado por el Ejército británico para realizar trabajos biológicos en la Tierra de Graham, Antártica. En la actualidad ocupa un cargo en la Sección de Historia Natural del *British Museum*.

K. M. GREENLAND

Nació en 1912 y estudió en la Universidad de Londres. Durante tres años realizó investigaciones bajo el Profesor E. N. da C. Andrade sobre los monocristales metálicos, obteniendo el doctorado en 1937. En dicho año ingresó en la *British Scientific Instrument Research Association*, de la que fué nombrado Director de la Sección de Física en 1946. Ha publicado estudios sobre los monocristales de mercurio (1937), películas de elevada reflexión (1946), construcción de filtros de interferencia (1950) y sobre la óptica de las películas delgadas.

R. S. YOUNG

Nació en Canadá en 1906 y estudió en la Universidad de Alberta y en *Cornell University*. Durante seis años ocupó un cargo de investigador químico en la *International Nickel Company of Canada*. De 1939 a 1949 fué jefe de investigaciones químicas de importantes compañías mineras en Rodesia del Norte. Es desde 1949 Director del Laboratorio de Investigaciones sobre el Diamante de Johannesburg.

J. A. V. BUTLER

Estudió química en la Universidad de Birmingham, donde se graduó en 1922. Profesor de Química de la Universidad de Edimburgo de 1926 a 1939. En dicha fecha ganó una Beca «Rockefeller» y se trasladó a los Estados Unidos para realizar estudios sobre enzimas y proteínas con el Dr. J. H. Northrop en los Laboratorios del Instituto Rockefeller in Princeton. En 1949 ingresó en el Instituto de Investigación «Chester Beatty» del *Royal Cancer Hospital*, donde se ha hecho cargo del desarrollo de una sección de química biofísica. Ha publicado, entre otros libros, *Chemical Thermodynamics* (1928), *Electro-capillarity* (1940) y *Man is a Microcosm* (1950).

W. J. S. NAUNTON

Graduado de las Universidades de Cambridge, Londres y Munich. Director de los Laboratorios de la Goma de *Imperial Chemical Industries* desde su establecimiento hasta su jubilación en 1951. Autor de numerosos estudios y patentes sobre la goma.